تقييم الوضع الحالي للمنظومة الكهربائية لمجمع أبو كماش للصناعات البتروكيماوية*

م. محمد مختار ابراهيم*

المقـــدمـــــة

يعتبر قطاع الكهرباء بليبيا من أكبر القطاعات الاستراتيجية والحيوية ويتم إدارته بواسطة الشـركة العامة للكهرباء التي تقوم بتشغيل وصيانة محطات توليد وتحويل الطاقة الكهربائية وكذلـك تخطيـط وتطوير هذا القطاع. تتكون المنظومة الكهربائية الليبية الموحدة من منظومتين رئيسـيتين: غـرب وشرق ليبيا. حيث تم ربطهما بشبكة نقل جهد عالٍ 220 ك.ف، وشبكات جهد متوسـط 66،30 ك.ف كما تحتوي أيضاً على منظومة التوزيع بجهد منخفض 11 ك.ف كما هي موضحة بالشكل (1).

يصل إجمالي أطوال خطوط شبكات النقـل والتوزيـع لمستويات الجـهود المختلفـة 220 ك.ف، 66 ك.ف، 30 ك.ف حوالي (11682، 12475، 6780 كـم) [1] علـى التوالي وذلك حتى نهاية السنة 1999ف كما هو موضـح بالجدول (1).

كما يبلغ عدد محطات التحويل للجـهود 220، 66، 30 ك.ف 57، 150، 264 محطة وبقدرة مركبة 10387، 2769، 7220 م.ف.أ على التوالي كما هو موضح بالجدول (2)

في حين يبلغ إجمالي القدرات المركبة لمحطات إنتاج الطاقـة الكهربائية حتى نهاية شهر ينـاير سـنة 2000ف حـوالي (4440) م.وات، ويبلغ الحمل الأقصى للشبكة الكهربائيـة الموحدة 2630 م.وات عام 2000ف مقارنـة مـع 2448 م.وات عام 1999ف، بزيادة حوالي 6.9% والشـكل (2) يوضح تطور الحمل الأقصى خـلال السـنوات (1990-2000ف).

1- المنظومة الكهربائية لمجمع أبو كماش

تتكون المنظومة الكهربائية لمجمع أبو كماش الكيمـاوي من:-

أ- محطة توليد غازية.

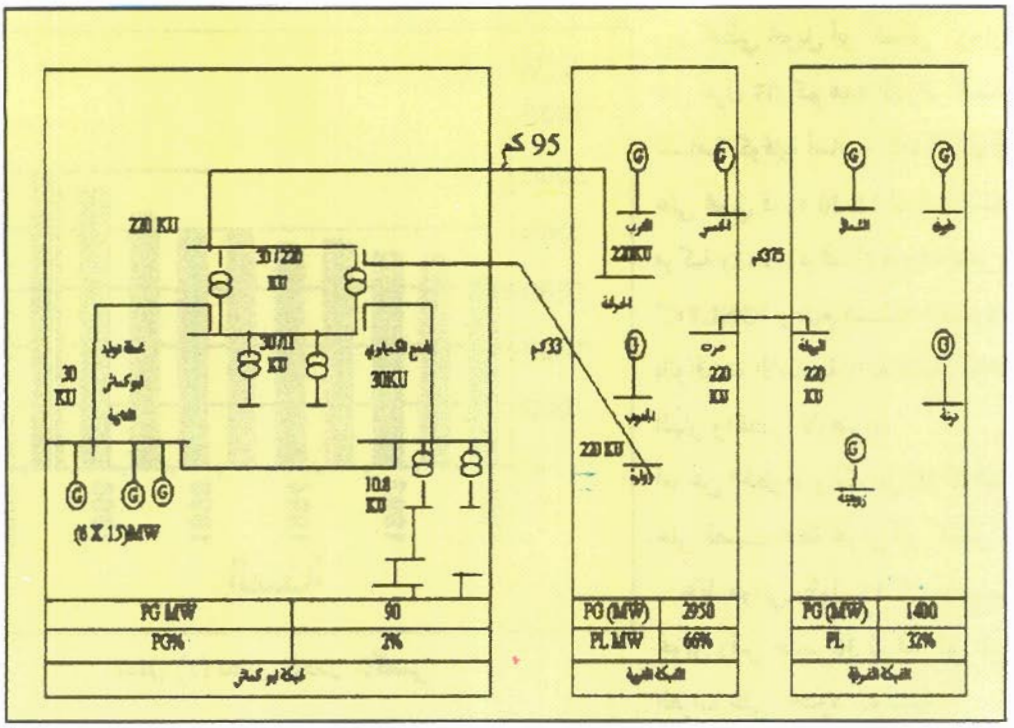
ب- محطة تحويل 11/30/220 ك.ف.

ت- محطة تحويل المجمع 11/30 ك.ف.

ث- أحمال المجمع الكيماوي.

* ورقة مقدمة الى مؤتمر الكهرباء " سيجري " / طرابلس ، الجماهيرية/ 19-2001/8/21

* الشركة العامة للكهرباء



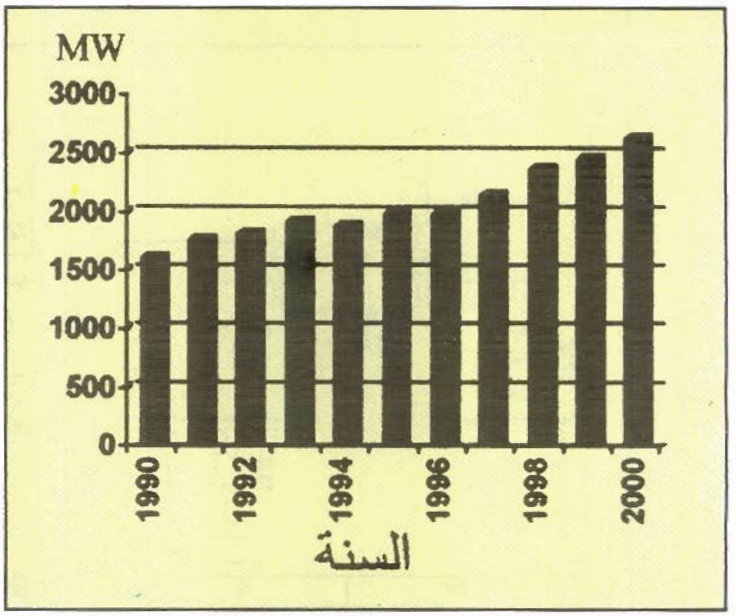
شكل (1) رسم تخطيطي للشبكة الكهربائية الليبية وربطها مع شبكة أبوكماش

جدول (1) يبين أطوال الدوائر (كم) لجهود الشبكة

الجهد ك.ف.	طول الدوائر (كم)	النسبة %
220	11682	37.76
66	12475	40.32
30	6780	21.92
المجموع	30937	100

جدول (2) عدد محطات التحويل والقدرة المركبة للجهود المختلفة

الجهد ك.ف.	عدد المحطات	القدرة المركبة م.ف.أ
220	57	10387
66	150	2769
30	264	7220
المجموع	471	20376



شكل (2) تطور الحمل الأقصى

أ - محطة توليد أبو كماش الغازية

تتكون المحطة من ستة مولدات غازية بقدرة إجمالية (90 م.وات) وبقدرة اسمية مركبة (6×20 م.ف.أ) تعمل هذه الوحدات بالوقود الخفيف وكان تاريخ بدء تشغيل هذه المحطة في سنة 1982ف. ونظراً لتقادم هذه الوحدات أصبحت المحطة تعتمد حالياً على ثلاثة مولدات أي بقدرة إجمالية (3×10 م.وات).

ب - محطة تحويل أبو كماش 11/30/220 ك.ف

تعتبر محطة تحويل أبو كماش من نوع المحطة الداخلية "IN DOOR" حيث تتكون من محولين للقدرة 30/220 ك.ف وبقدرة اسمية مركبة (2×63م.ف.أ) مزودة بمغير للجهد "ONLTC".

تقع هذه المحطة في أقصى غرب ليبيا قرب الحدود التونسية وتم ربطها بالشبكة الكهربائية العامة بعدد أربعة خطوط نقل هوائية جهد 220 ك.ف، تربط هذه الخطوط محطتي تحويل أبو كماش الحرشة بخطي نقل طول 95 كم وبين محطتي تحويل أبو كماش زوارة بخطي نقل طول 33 كم هذه الدوائر محمية بالوقاية المسامية كوقاية أساسية كما تحتوي هذه المحطة على محولي قدرة 11/30 ك.ف بقدرة اسمية مركبة (2×20 م.ف.أ) مزودة بمغير للجهد "ONLTC" وجميع هذه المحولات محمية بالواقيات الأساسية (التفاضلية، بوخلز، زيادة التيار والقصر الأرضي).

أما عن الخطوط والكوابل 30 ك.ف المربوطة على قضيب محطة تحويل أبو كماش فهي:

خط هوائي بطول 12 كم متصل بمحطة تحويل رأس جدير 30 ك.ف التي تقع في أقصى الغرب على الحدود التونسية.

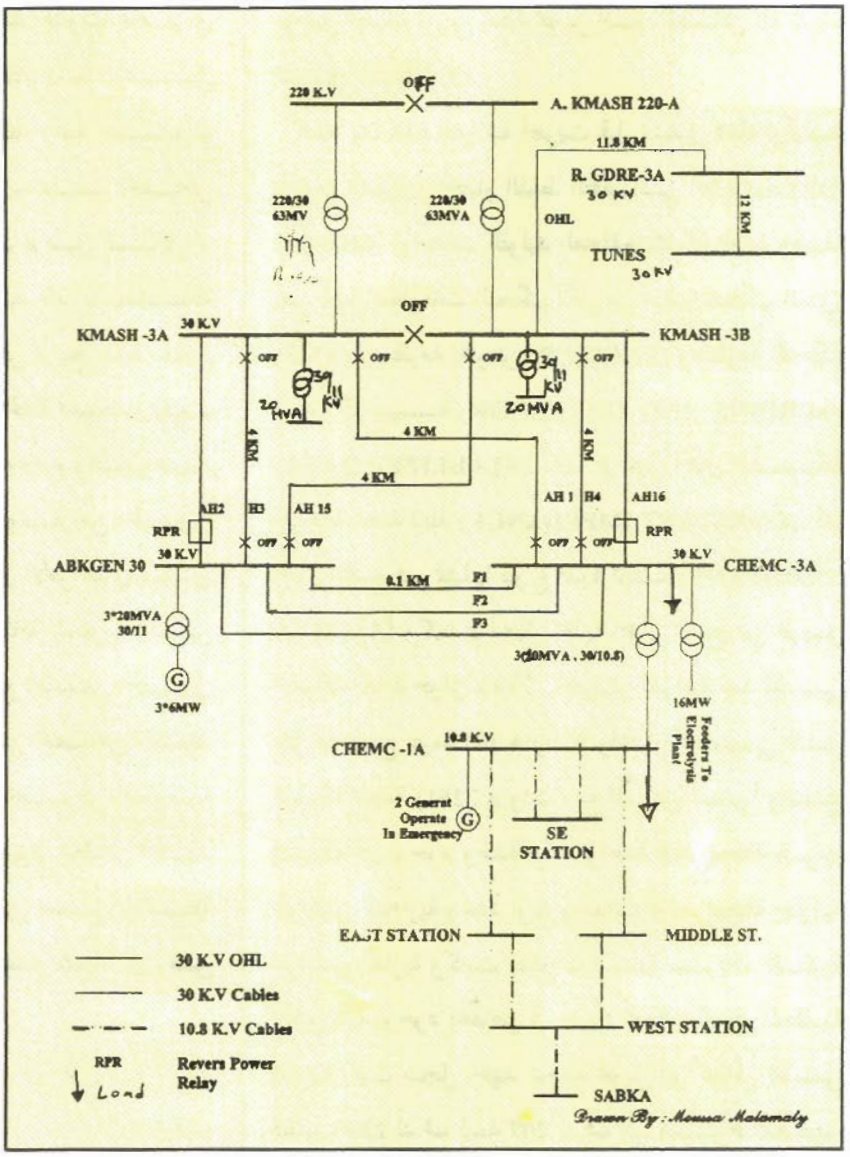
ثلاثة كوابل بطول 4 كم متصلة بمحطة تحويل المجمع الكيماوي بأبي كماش ومساحة مقطع هذه الكوابل 240 مم^2.

ج - محطة تحويل المجمع الكيماوي 30 ك.ف

وتتكون هذه المحطة من ثلاثة محولات قدرة 11/30 ك.ف بقدرة اسمية مركبة (3×10 م.ف.أ) وذلك لتغذية مجموعة محطات داخلية كما هو موضح بالشكل (3) ومن ثلاثة محولات قدرة 11/30 ك.ف بقدرة اسمية 10 (م.ف.أ) لتغذية أحمال محطة التحليل الكهربائي. وتم ربط محطة مفاتيح المجمع الكيماوي بمحطة توليد أبو كماش الغازية بعدد ثلاثة كوابل بطول 0.1 كم جهد 30 ك.ف وذلك كما هو موضح بالشكل (3).

د - أحمال المجمع الكيماوي

تصل أقصى حمولة للمجمع الكيماوي حوالي 36 م. وات.



شكل (3) رسم تخطيطي للشبكة الكهربائية للمجمع

يوجد بالمجمع عدد (20) مضخة جهد متوسط 11 ك.ف حيث يتم حمايتها بواسطة مرحلات انخفاض الجهد تم معايرتها لتفصل عند هبوط الجهد بقيمة 30% في زمن يتراوح من (0.7–3) ثوانٍ، مرحلة خاصة نوع (0.7/3–RN2U) [2].

يوجد عدد كبير من مضخات الجهد المنخفض 220 فولت تعمل بواسطة ملامسات تفصل عند هبوط للجهد بمقدار 40% وفي زمن لحظي يصل إلى 100 ملي ثانية [2]. جميع المحركات تعمل بشكل طبيعي عند أقصى تحميل لها في بداية التشغيل ويتم حمايتها بمرحلات زيادة التيار تفصل عند ستة أضعاف التيار المقنن للمحركات بعد زمن 9 ثوانٍ [2].

2 – فلسفة تشغيل المنظومة الكهربائية للمجمع

يعتبر المجمع الكيماوي بأبي كماش أحد الإنجازات الاستراتيجية والحيوية بقطاع الصناعة ولضمان استمرارية تغذيته بالطاقة الكهربائية فقد تم ربطه بالشبكة العامة وكما هو موضح بالشكل (3) تبلغ الحمولة القصوى لهذا المجمع 36 م. وات يتم نقل الطاقة المنتجة من المحطة الغازية مباشرة لمحطة مفاتيح المجمع عبر ثلاثة كوابل 30 ك.ف ولتحقيق عدم رجوع الطاقة المنتجة من محطة التوليد تم تركيب مرحلات الحماية للقدرة العكسية (R.P.R) على الكوابل التي تربط محطة التوليد الغازية بمحطة التحويل أبو كماش الكابل المسمى (AH2) وكذلك الحال تم تركيب هذه المرحلات على الكابل المسمى (AH16) والذي يربط محطة مفاتيح المجمع بالشبكة العامة لضمان سريان القدرة من الشبكة العامة للمجمع لتوفير

تغذية مضاعفة للمجمع من الشبكة عند حدوث عجز في توليد الطاقة من المحطة الغازية ومن المعتاد دائماً توصيل كابلين (AH2,AH16) – 30 ك.ف فقط وعند حدوث فائض في الطاقة المنتجة من المحطة الغازية عند انخفاض مستوى التحميل بالمجمع الكيماوي يتم توصيل كابل أو اثنين من الكوابل التي تربط محطة التوليد الغازية بالشبكة العامة. وبعد مضي أكثر من 18 سنة من تاريخ بداية تشغيل المحطة الغازية بالشبكة العامة ولتقادم المحطة أصبحت تعتمد الآن على ثلاثة مولدات بقدرة (3×10 م.وات) وعند تعرض إحدى وحدات المحطة للصيانة وبتزامن الخروج الاضطراري لإحدى الوحدتين الباقيتين الأمر الذي يؤدي إلى اعتماد المجمع بشكل كبير على الطاقة المستوردة من الشبكة العامة. ومن خلال تتبع الوضع التشغيلي الحالي لشبكة المجمع أصبح يعاني أحياناً من انخفاض الجهد الكهربائي لمعدات المجمع وخاصة عند تعرض المنظومة الكهربائية الموحدة لأعطال كهربائية ويؤثر انخفاض الجهد على مضخات الجهد المنخفض التي تعمل بواسطة ملامسات تفصل عند هبوط للجهد بمقدار 40% في زمن لا يتجاوز 100 ملي ثانية.

4 – معطيات الدراسة

تم استعمال البرنامج الحاسوبي "POSCOLAB" [3] والمتوفر لدى الشركة العامة للكهرباء والذي يحتوي على كل من برنامج دراسة سريان القدرة، برنامج حساب تيارات القصر وبرنامج لدراسة الاستقرارية للشبكة الكهربائية الليبية وبعد إدخال كافة البيانات المتعلقة بالشبكة بتشغيل جميع خطوط نقل الطاقة 220 ك.ف مع فتح معظم موصلات قضبان توزيع 220 ك.ف وفتح موصل قضبان توزيع محطة تحويل أبو كماش 30 ك.ف الموضح بالشكل (3).

علما بأن هذه الدراسة أجريت قبل تشغيل محطة توليد الزاوية الغازية وباختيار النمط التفصيلي "DETAILED MODEL" لوحدات التوليد العاملة بالشبكة العامة وهذا يعني تمثيل منظومات التحكم لكل من منظم التحكم الذاتي (AVR) ومنظومة المحرض (EXCITER) ومنظومة التحكم سرعة التربينية (TURBINE AND GOVERNOR) (STABLIZER DATA). كما تم تمثيل أحمال الشبكة الموحدة بمعانة ثابتة (CONSTANT IMPEDANCE)، أما أحمال المجمع فتم تمثيلها بنوع قدرة ثابتة (CONSTANT MVA) [5] وكما تم اعتبار تغذية أحمال المجمع عن طريق الشبكة العامة حوالي 40%. أجريت الدراسة عند أقصى حمل للمجمع بقيمة (35 م.وات) واعتبار أقصى حمل للشبكة العامة (2261 م.وات) مع افتراض أسوأ وضع للشبكة أي بوجود وحدة توليد واحدة فقط بمحطة غرب طرابلس البخارية وعدد أربع وحدات توليد بمحطة جنوب طرابلس الغازية وكانت نتائج دراسة سريان القدرة الكهربائية بوجود انخفاض في جهود محطات تحويل المنطقة الغربية حيث سجل الجهد بمحطة تحويل أبو كماش على قضيب 220 ك.ف قيمة 207 ك.ف أي بهبوط للجهد بمقدار 6%، وبمقدار 8% على قضيب المجمع 11 ك.ف.

5 – خطوات الدراسة

تم إجراء دراسة الاستقرارية للتعرف على أداء وسلوك وحدات الإنتاج بمحطة المجمع الكيماوي أخذاً في الاعتبار المعطيات الأساسية المذكورة سابقاً وذلك بحدوث قصر ثلاثي الأطوار على أحد قضبان محطة تحويل 220 ك.ف والتي تربط منظومة المجمع الكيماوي بالمنظومة الكهربائية

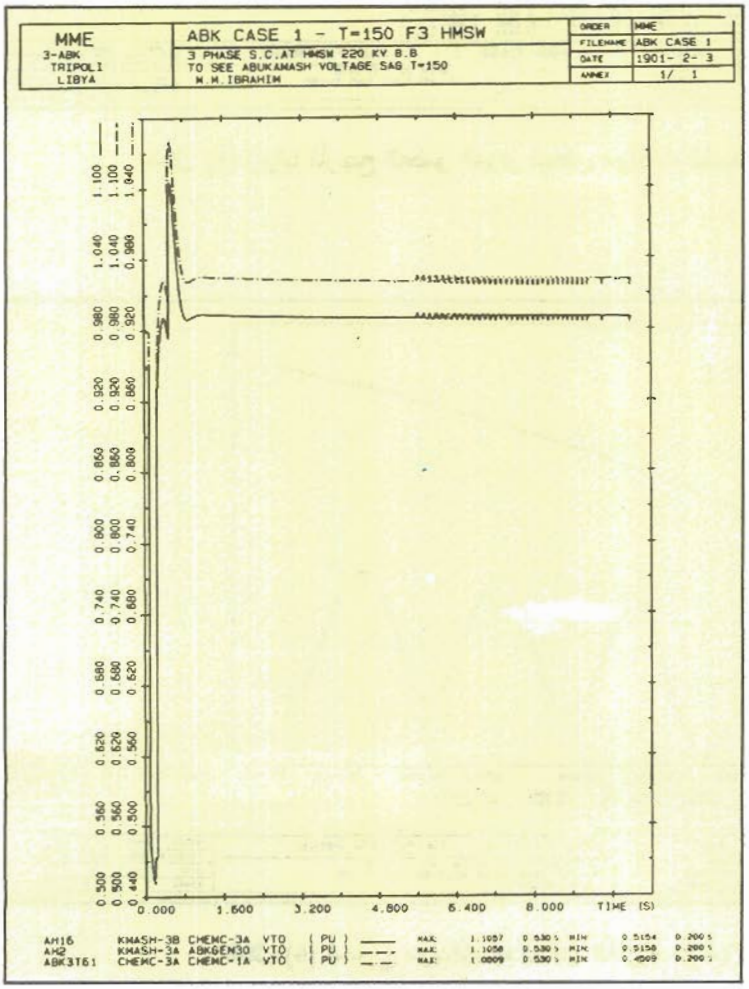
الموحدة، علماً بأن زمن إزالة القصر بعد حوالي 150 ملي ثانية وهو الزمن الطبيعي لإزالة قصر ثلاثي الأطوار في المرحلة الأولى لمرحلات الحماية المسافية. وفي ما يلي سرد لبعض الحالات التي تمت دراستها.

1.5 حدوث قصر ثلاثي الأطوار بمحطة تحويل الخمس 220 ك.ف

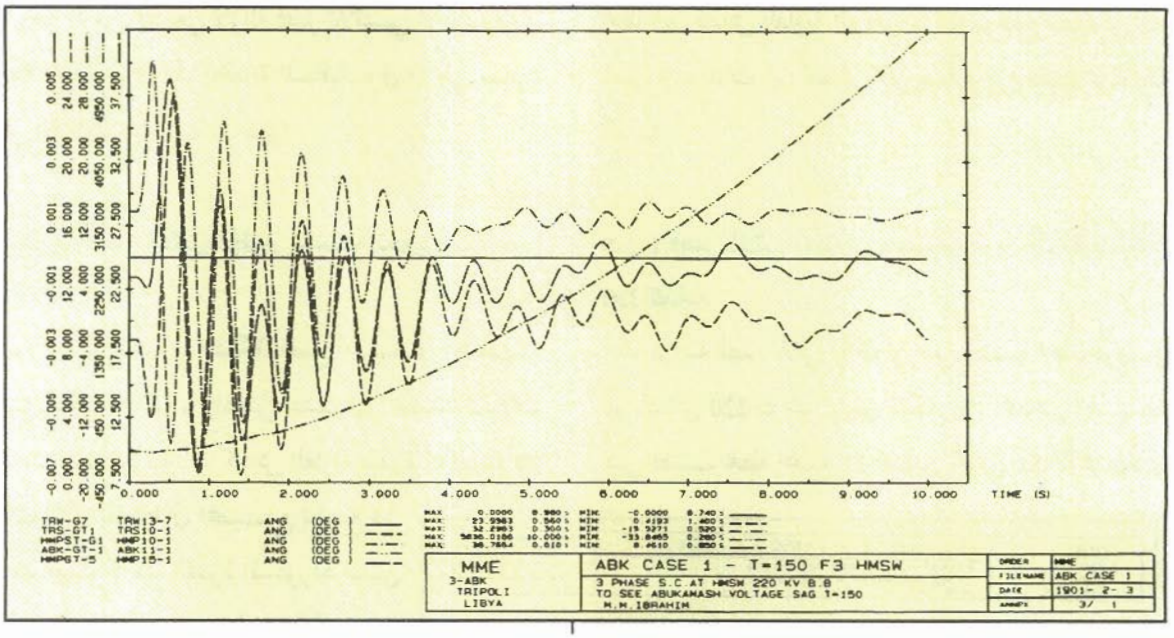
وبدراسة الاستقرارية لشبكة المجمع أخذ في الاعتبار الوضع التشغيلي القائم والمتمثل بتشغيل عدد ثلاث وحدات بمحطة توليد أبو كماش الغازية بقدرة إجمالية 20 م.وات علماً بأن أحمال المجمع تبلغ 34 م.وات حيث كانت القدرة المستوردة من الشبكة العامة للمجمع حوالي 39% عبر الكابلين (AH2-AH16) 30 ك.ف كما هو مبين بالشكل (3) اللذين فقط تم توصيلهما علماً بأن أحمال المجمع قد تم تمثيلها بالبرنامج بقدرة ثابتة وبحدوث قصر ثلاثي الأطوار عند محطة تحويل الخمس على قضيب 220 ك.ف ولفترة زمنية 150 ملي ثانية وبهدف التعرف على تأثير موقع حدوث القصر على انخفاض الجهد بمحطات أبو كماش ويبين شكل (4) مستوى انخفاض الجهد على قضيب محطة المجمع 11 ك.ف حوالي 55% مما يؤدي إلى فصل حوالي نصف أحمال المجمع بواسطة الملامسات المركبة على مضخات الجهد المنخفض، كما ارتفع الجهد إلى أعلى قيمة له بعد إزالة القصر بزيادة مئوية قدرها 8%، وعاد ليستقر على قيمة 99%، ويبين الشكل (5) زوايا تأرجح العضو الدوار لبعض مولدات الشبكة العامة كما يلاحظ فقدت مولدات محطة أبو كماش الغازية التزامن ، كما يوضح شكل (6) تسارع مولدات أبو كماش الغازية وخروجها بزيادة التردد.

1.1.5 قصر ثلاثي الأطوار بمحطة تحويل أبو كماش 220 ك.ف.

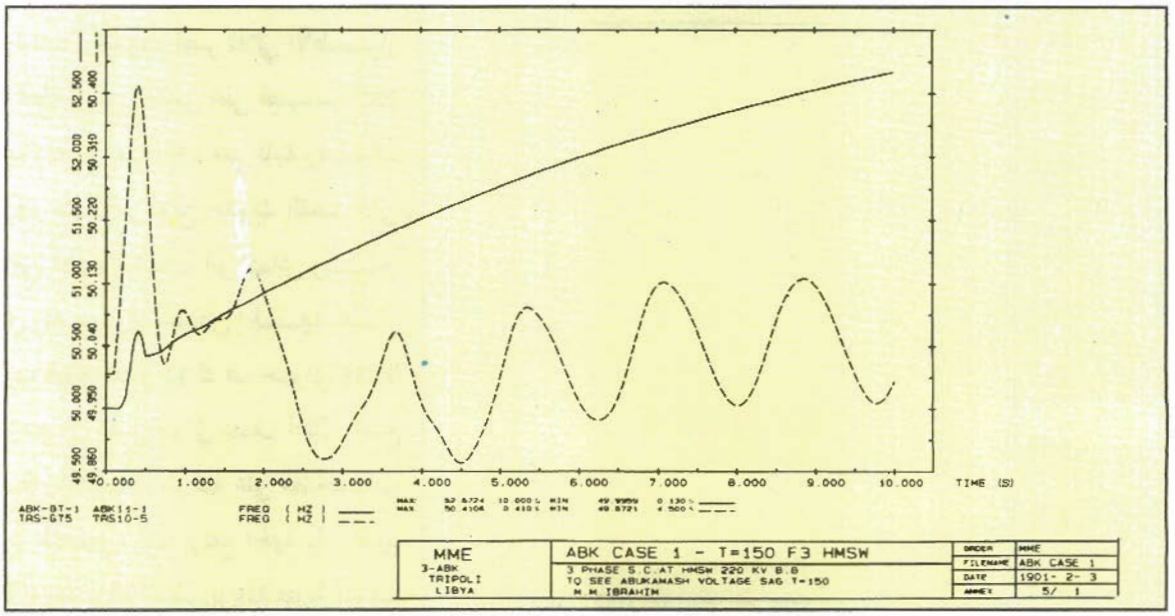
تم دراسة قصر ثلاثي الأطوار على قضيب محطة تحويل أبو كماش 220 ك.ف. ويبين شكل (7) انخفاض الجهد على قضيب محطة المجمع 11 ك.ف. حوالي 81% مما يؤدي



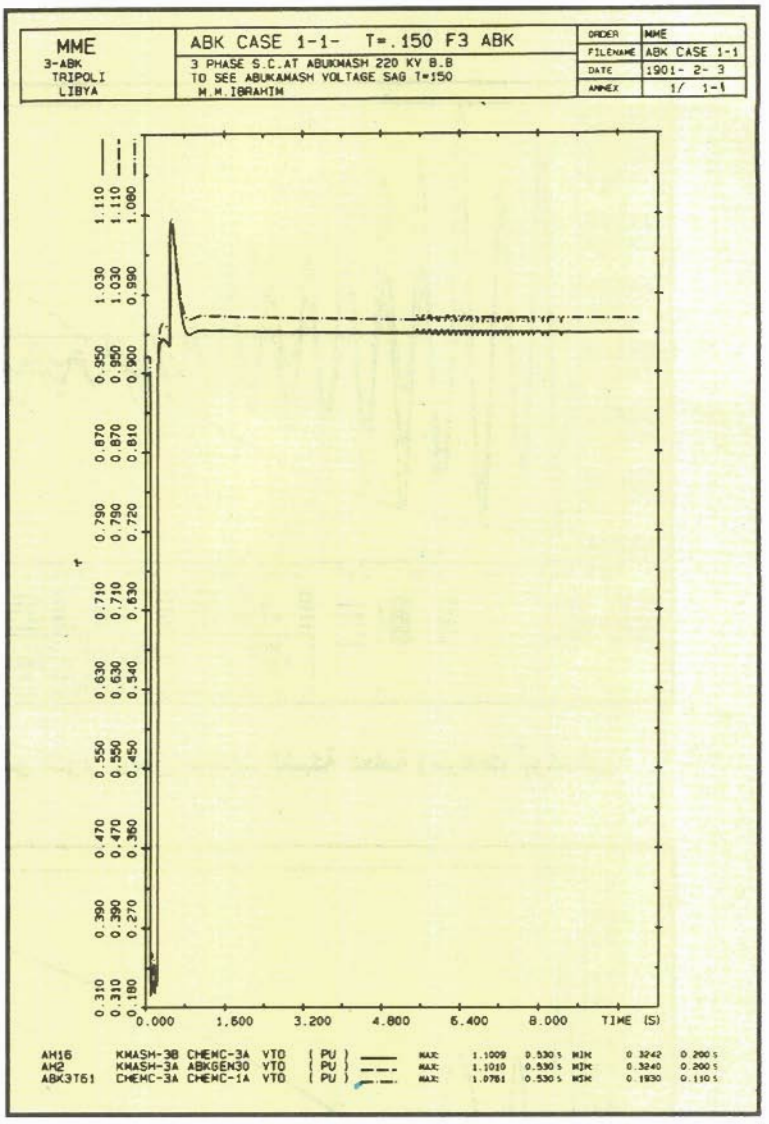
شكل (4) مستوى انخفاض الجهد على قضيب محطة المجمع



شكل (5) زوايا تأرجح العضو الدوار لبعض مولدات الشبكة العامة ومولدات أبوكماش



شكل (6) تسارع مولدات أبوكماش الغازية مع مولدات الجنوب الغازية



شكل (7) مستوى انخفاض الجهد على قضيب محطة المجمع

أيضا لفصل حوالي نصف أحمال المجمع بواسطة الملامسات ، وارتفع الجهد بزيادة 7.6% بعد إزالة القصر تم رجع ليستقر على قيمة 99%، وشكل (8) يبين زوايا تأرجح العضو الدوار ويلاحظ فقدان التزامن لمولدات أبو كماش، بينما يوضح الشكل (9) تسارع مولدات أبو كماش الغازية وخروجها عن التزامن بزيادة التردد.

2.1.5 قصر ثلاثي الأطوار لزمن 250 ملي ثانية

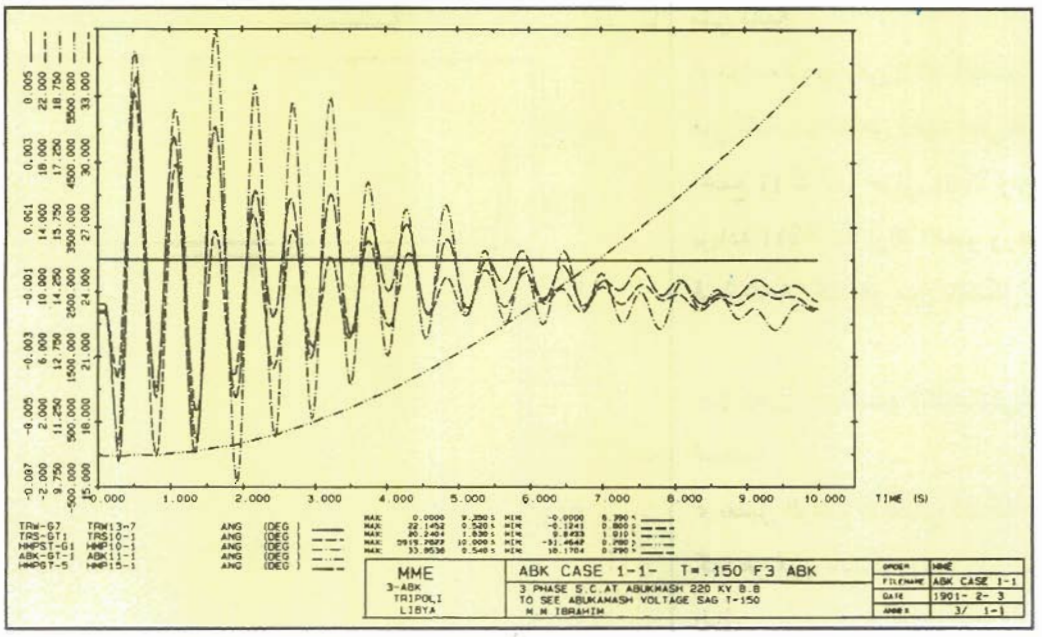
تم دراسة تأخير زمن إزالة القصر إلى 250 ملي ثانية ، وانخفاض الجهد على قضيب المجمع 11 ك.ف. حوالي 81% وارتفع بزيادة 11% بعد إزالة القصر ورجع إلى قيمة 99% كما هو مبين بالشكل (10).

2.5 تعديل الوضع التشغيلي لشبكة المجمع

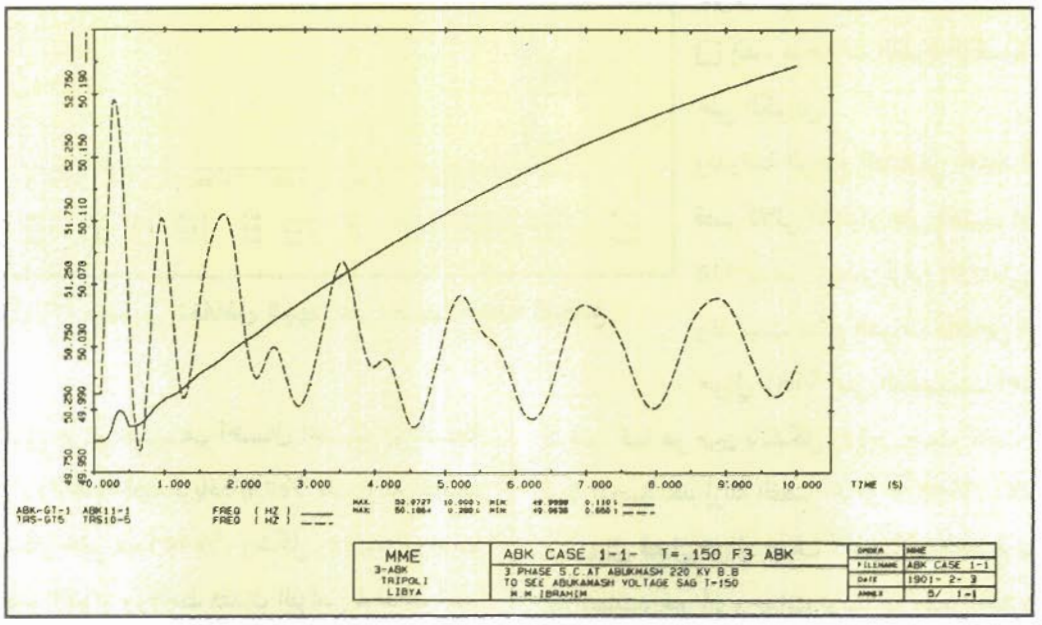
تم تعديل الوضع التشغيلي لشبكة المجمع كما هو مبين بالشكل (11) على النحو التالي:

- ❑ توصيل جميع كوابل 30 ك.ف بين محطة التوليد أبوكماش والشبكة العامة .
- ❑ إلغاء مرحلات القدرة العكسية المركبة على الكوابل.

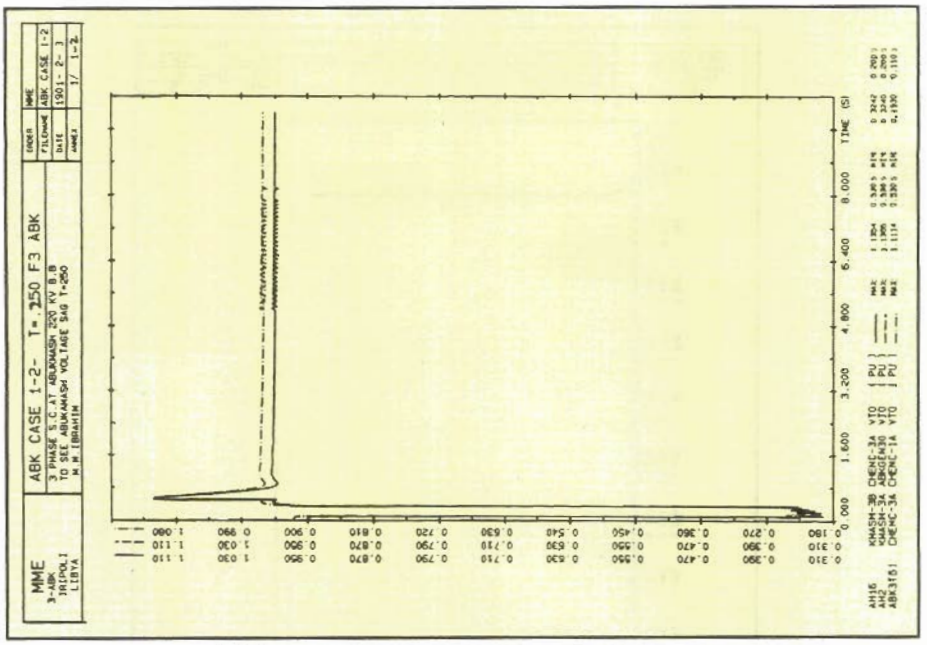
وبدراسة الوضع التشغيلي الجديد بحدوث قصر ثلاثي الأطوار على قضيب أبوكماش 220 ك.ف. استمر لزمن 150 ملي ثانية ، وقد بينت نتائج الدراسة انخفاض الجهد حوالي 81% على القضيب المجمع 11 ك.ف. كما هو مبين بالشكل (12) . حيث كانت أعلى قيمة للجهد بعد إزالة القصر حوالي 95.5%. وهذا أيضا يؤدي إلى فصل حوالي نصف أحمال المجمع بواسطة الملامسات، غير أن وحدات توليد أبوكماش الغازية لم تفقد التزامن وذلك كما هو موضح بالشكل (13) ، وكانت زوايا تأرجح العضو الدوار لمولدات أبوكماش متطابقة مع



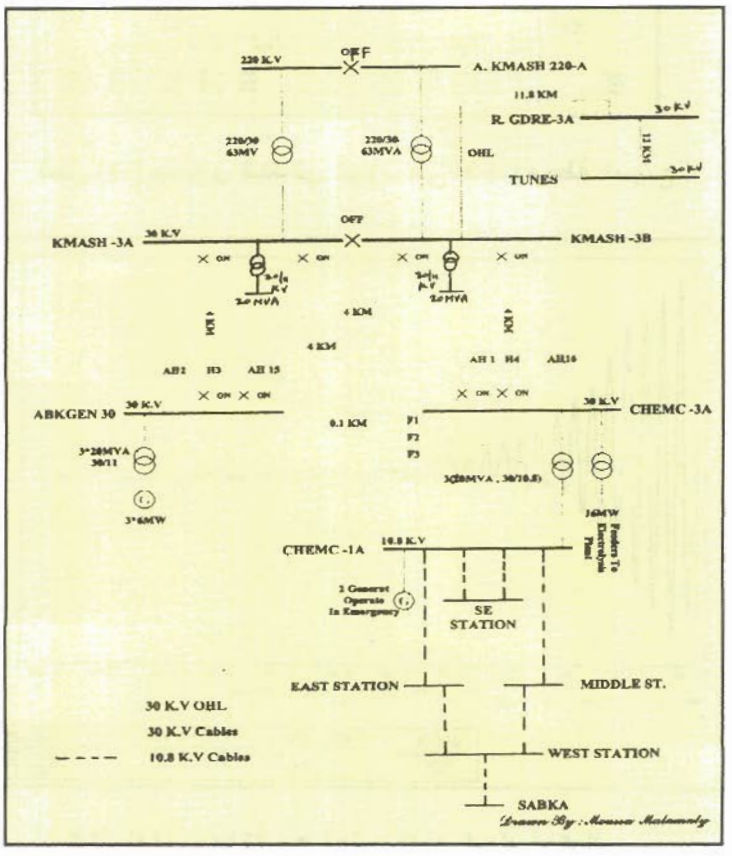
شكل (8) زوايا تأرجح العضو الدوار لبعض مولدات الشبكة العامة ومولدات أبوكماش



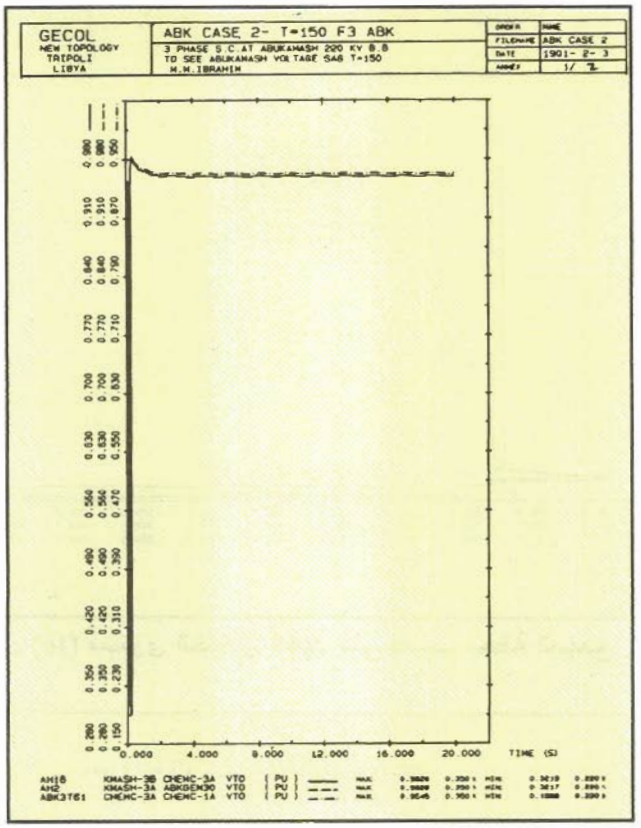
شكل (9) تسارع مولدات أبوكماش الغازية مع مولدات الجنوب الغازية



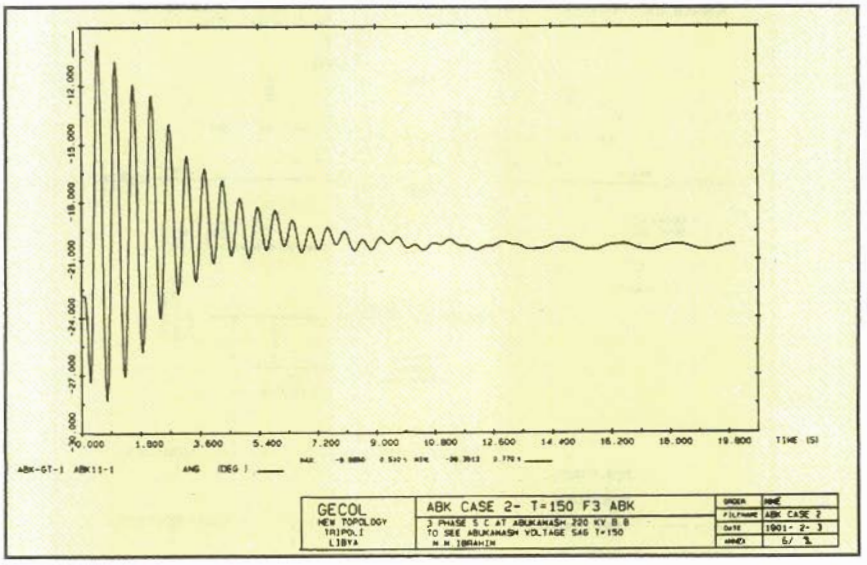
شكل (10) مستوى انخفاض الجهد على قضيب محطة المجمع



شكل (11) رسم تخطيطي للشبكة الكهربائية للمجمع بعد التعديل

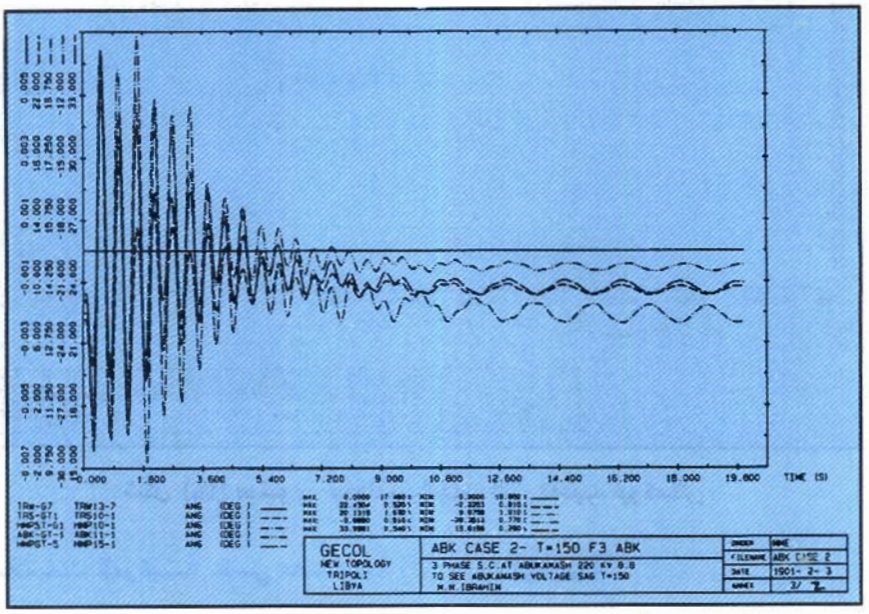


شكل (12) مستوى انخفاض الجهد على قضيب محطة المجمع

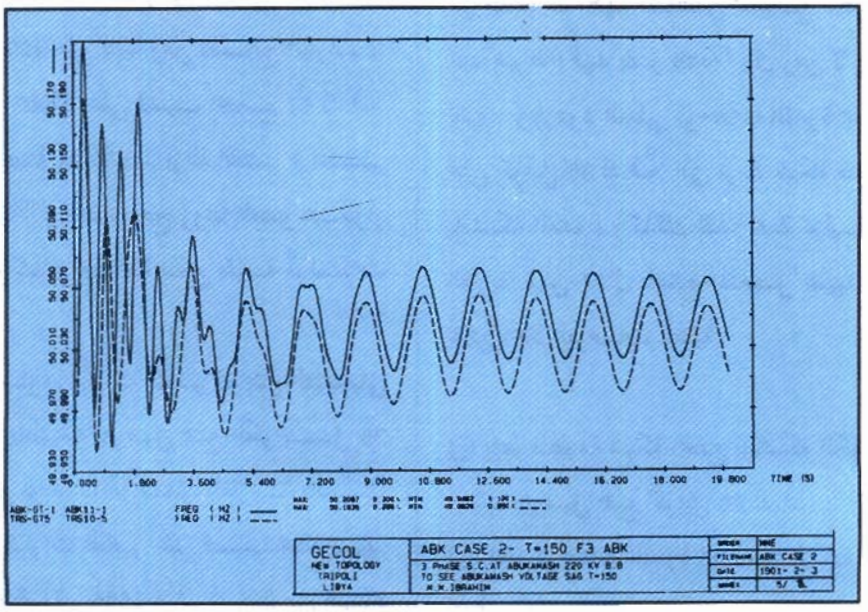


شكل (13) زوايا تأرجح العضو الدوار لمولد أبوكماش

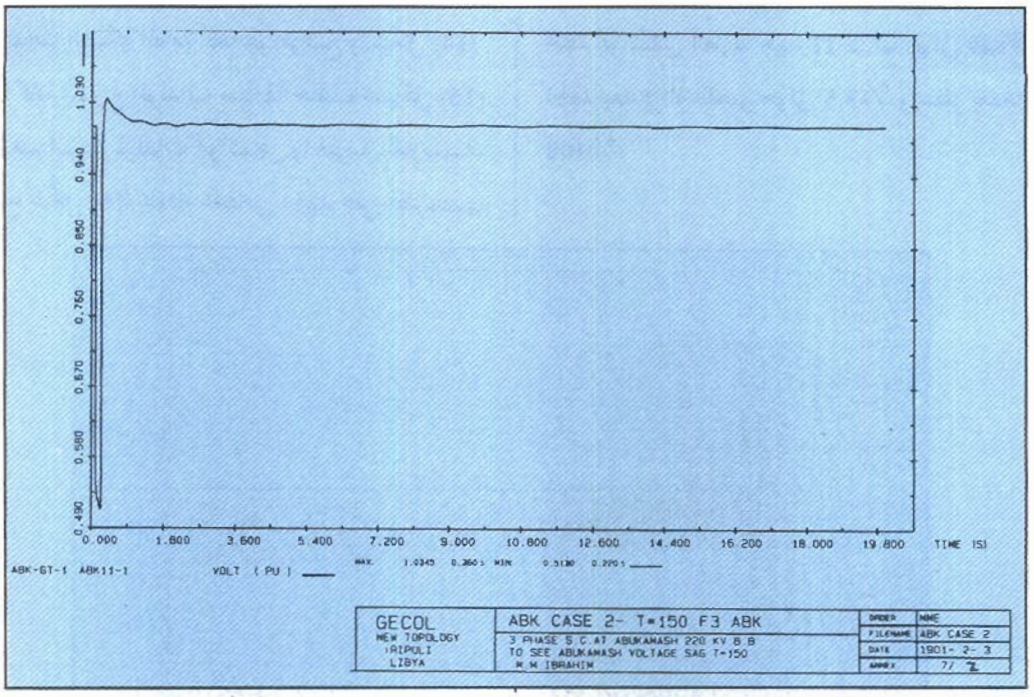
تأرجح مولدات الشبكة العامة كما هو موضح بالشكل (14) ، وكذلك كان تسارع المولدات متطابقا حسب شكل (15) الذي يبين قيم التردد لمولدات أبوكماش والجنوب الغازية، بينما يوضح شكل (16) مقدار انخفاض الجهد على قضيب محطة أبوكماش الغازية جهد 11 ك.ف حوالي 49% وارتفع الجهد بعد إزالة القصر حوالي 3.5% واستقر بعدها بقيمة 100%.



شكل (14) زوايا تأرجح العضو الدوار لبعض مولدات الشبكة العامة ومولدات أبوكماش



شكل (15) تسارع مولدات أبوكماش الغازية مع مولدات الجنوب



شكل (16) مستوى انخفاض الجهد على قضيب أبوكماش

3.5 تعديل زمن الملامسات المركبة على مضخات المجمع

تم تعديل زمن فتح الملامسات المركبة على مضخات الجهد المنخفض إلى 400 ملي ثانية ومن نتائج الدراسة انخفض الجهد حوالي 80% على قضيب المجمع 11 ك.ف. وعاد الجهد بعدها بقيمة 94% بعد إزالة القصر تم استقر بعدها على قيمة 93% وكان تأرجح زوايا العضو الدوار والتردد لمولدات أبوكماش متطابقة مع بقية مولدات الشبكة العامة.

وقد تم حساب مستوى تيارات القصر للوضع التشغيلي المقترح لربط المجمع بالشبكة بتوصيل جميع الكوابل 30 ك.ف وبتشغيل جميع مولدات أبوكماش الغازية فبلغت أقصى قيمة لمستوى تيارات القصر على قضيب محطة توليد أبوكماش 30 ك.ف بقيمة (1095 م.ف.أ) وتظل هذه القيمة في النطاق المسموح به لقواطع 30 ك.ف سعة (1500م.ف.أ).

6 - الخلاصة

نظرا لخاصية الملامسات التي تعمل على فصل عدد كبير من مضخات الجهد المنخفض للمجمع الكيماوي أبوكماش عند هبوط الجهد بقدر 40% وفي زمن لا يتجاوز 100 ملي ثانية ، والمردود السلبي لمرحلات القدرة العكسية المركبة على كوابل 30 ك.ف. التي ترابط شبكة منظومة المجمع بالشبكة العامة ، وكذلك لقدم محطة توليد أبوكماش الغازية ،ومن خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة يمكن اتخاذ التوصيات التالية:

- ربط منظومة شبكة المجمع بالشبكة الكهربية الموحدة وذلك بتوصيل جميع كوابل 30 ك.ف.
- إلغاء مرحلات القدرة العكسية المركبة على كوابل 30 ك.ف.
- تعديل فتح زمن الملامسات إلى 400 ملي ثانية.

7- الملحق

بهذا الملحق بعض البيانات الأساسية التي تم استخدامها بالدراسة والمتعلقة بشبكة المجمع عن المحولات ومواصفات الخطوط وبيانات عن مولدات أبو كماش الغازية والمضخات المركبة بالمجمع الكيماوي تم وضعها بالجداول التالية:

Table A-1 Abukamash Chemical Complex Transformer Data

Site	Transformer Reference	Normal Voltage Rating KV	Normal Rating MVA (FC)	Impedance HV- LV
Abukamash	T1&T2	220/30/11	68	10.8
	GEN. Trans. Units 1 - 6	30/11.5	21	12.5
	T5&T5	30/11	20	10
Chemical Complex	T1,T2&T3	30/11	10	7 %
	T1,T2&T3	30/247.5 V	9.5	6.72 %

Table A-2 Line And Cable Data At Abukamash Area

Cable Name	Kv	From Bus To Bus	Type	Cond size	RΩ/Km	XIΩ/Km	μs/Km	Length Km
AH2+H3+ AH15	30	KMASH-3A ABKGEN 30	Cable CU	240	0. 87	0.12	130	4.0
AH1+H4+ AH16	30	KMASH-3B CHEMC-3A	Cable CU	240	0.087	0.12	130	4.0
F1+F2+F3	30	ABKGEN 30 CHEMC-3A	Cable CU	240	0.087	0.12	130	0.1
R.GDRE-3A	30	KMASH-3B R.GDRE-3A	O.H.T	175	0.21	0.38	3.0177	11.8

Table A-4

TR	KA	TA	KB
0.02	50.0	0.0	1.0
TB	TC	VBMX	VPMN
0.0	0.0	6.0	-6.0

Table A-3

Kv	11	Xq	0.27
MVA	21	Xc	0.178
Xd	2.06	H	3.0
Xq	1.90		1.20
Xd	0.4		0.05
Xq	0.44		0.04
Xd	0.27		0.04

Table A-5

Type	QTY	R.KVA	P.F	HP	IrA	IstA	%Slip	No Of p
Booster Pump Motor	2	482	0.83	536.5	26	124.8	0.467	2
Cold Compressor M.	2	421.7	0.83	469.4	22.5	112.5	0.533	2
Reactor Compressor M.	1	1071	0.84	1206.4	57	285	0.8	4
Cooling Water Pump M.	3	1250	0.8	1341.0	67	301.5	0.7	6
seawater Return Pump M.	3	599	0.76	610.5	32	160	0.8	6
Circulation Pump M.	2	482	0.83	536.5	26	124.8	0.33	4
Fire Fighting Pump M.	2	569	0.8	610.4	30	135	0.933	4
Sea Water In Take Pump M.	2	1063	0.8	1140.4	57	307.8	0.6	6

8- المراجع

[1] التقرير السنوي للإحصاءات الكهربائية سنة 1999 ف الشركة العامة للكهرباء.

[2] بيانات ومعلومات عن إدارة المجمع الكيماوي أبوكماش.

[3] ABB netcom LTD Turgi/sweitger land pc Network planing program (POSCOLAB) copyright 1995>

[4] OLLE, Elgerd Electric Energy Systems Theory, by Mc. Eraw.Hill.Inc copyrights 1992,1971.

[5] MAURICE H. KENT, member IEEE WAYNER, SCHMUS, member, IEEE, FRANSIC A. McCRACKIN member IEEE, LAUTHER M. WHEELER, senior member IEEE, Daynamic Modeling of loads in stability studies, Reprinted from IEEE Trans. Power App. Syot, May 1969.

ملخص:

تستعرض هذه الورقة الوضع التشغيلي الحالي للمنظومة الكهربائية لمجمع أبو كماش للصناعات الكيماوية والمربوطة مع المنظومة الكهربائية الموحدة وذلك بإجراء دراسة الاستقرارية عند حدوث قصر ثلاثي الأطوار على قضيب 220 ك.ف بمحطة تحويل أبو كماش حيث يوجد عدد كبير من مضخات المجمع والتي تعمل بواسطة ملامسات حيث تفصل عند انخفاض مستوى الجهد بمقدار 40% في زمن لا يتجاوز 100 ملي ثانية. وبإجراء مقارنة بين الوضع التشغيلي القائم والوضع المقترح تم التوصل إلى: توصيل جميع كوابل 30 ك.ف بمنظومة المجمع وإلغاء مرحلات القدرة العكسية المركبة على كوابل 30 ك.ف بالمجمع وكذلك تعديل زمن فتح الملامسات إلى 400 ملي ثانية.