مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (18) العدد (4) 1996
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (18) No (4) 1996

مشكلات العمل لنظام الخدمة الذاتية في المحطات الحرارية

الدكتور شعيب محمود*

(قبل للنشر في 1996/7/25)

□ الملخّص □

يعالج البحث ثلاث مشاكل رئيسة تهدف إلى تحديد الأسس العامة لضمان استقرار عمل نظام الخدمة الذاتية للمجموعات الحرارية. وتتمثل هذه المشاكل بالنقاط التالية:

1- مسألة تأمين الموثوقية والجاهزية العاليتين لنظام الخدمة الذاتية

عالجت هذه الفقرة مسألة تأمين الموثوقية والجاهزية من خلال قانون الجاهزية، حيث تم تصنيف العناصر المستهلكة لطاقة الخدمة الذاتية، ونوقشت مسألة تأمين الطاقة الكهربائية لنظام الخدمة الذاتية عند الحالات المختلفة لعمل المجموعات الحرارية، وأثناء حدوث الأعطال في المجموعة أو في الشبكة العامة.

2- عمل المحركات التحريضية على شبكة متغيرة التردد والتوتر

تم إيجاد نموذج رياضي يحدد علاقة العزم بالتوتر والتردد، لدراسة سلوك المحركات التحريضية عند قيم متغيرة للتردد والتوتر، وتحديد منحني خواص العزم/السرعة عند هذه القيم المتغيرة.

3- عمليات الإقلاع للمحركات التحريضية

تمت دراسة خصائص عمليات الإقلاع، والأسس العامة لضمان نجاحها. وتوصلنا إلى إيجاد العوامل التي يجب اعتبارها عند تصميم واستثمار نظام الخدمة الذاتية، وذلك من خلال النموذج الرياضي المستنتج لحساب هبوط التوتر عن إقلاع للمحركات التحريضية.

* مدرس في قسم هندسة الطاقة الكهربائية في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (18) العدد (4) 1996
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (18) No (4) 1996

THE WORKING PROBLEMS OF THE SELF-SERVICE SYSTEM IN THE THERMAL POWER STATIONS

Dr. Sho'aib MAHMOUD*

(Accepted 25/7/1996)

❐ ABSTRACT ❐

This work addresses three main problems to determine the general foundations of the stability of self – Service working system of the thermal power generation. The problems are:

1- Having higher ability and readiness of the self-service system.

This part deals with the ability, readiness and efficiency of the system by using the efficiency law where the consumption clements for the self-service power have been classified (- yed). The problem of securing the electric power self-service system of the thermal units at different states, has also been discussed during occurrence of the faults in the units and/or in the general network.

2- Working of the assyncronized motors on the network with different voltage and frequency.

A special mathematical model has been used to determine the relation of momentum with the frequency and voltage, to study the assynchrnized motors behaviour at these different values (frequency and voltage) and also to determine the characteristic-momentum/velocity-curve.

3- The assynchronized motor starting – on methods

The characteristics of the methods of the starting – on, and the general basics of its success have been studied. The required parameters during the designing as using the self-service-system, has been determined in that mathematical model concluded for frequency reduction during the assynchronized motors starting – on.

* Lecturer at Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

رافق التزايد المتواتر للطلب على الطاقة الكهربائية تطور وإنشاء مجموعات حرارية عالية الاستطاعة. تمثل هذا التطور في تجهيزات الدارات الحرارية والكهربائية وتجهيزات الوقود والهواء والماء...الخ.

يتم تأمين الطاقة الكهربائية للتجهيزات السابقة عن طريق نظام الخدمة الذاتية للمجموعة الحرارية. يبين الجدول رقم (1) النسبة المئوية للاستطاعة المستخدمة للخدمة الذاتية بدلالة استطاعة المجموعة وفقاً لنوعية الوقود المستخدم للاحتراق.

الجدول (1): النسبة المئوية لاستطاعة نظام الخدمة الذاتية بدلالة استطاعة المجموعة الحرارية

نوع المحطة	النسبة المئوية لاستطاعة نظام الخدمة الذاتية بالنسبة لاستطاعة المجموعة $(P_E/P_n)\%$
محطات عاملة على الفحم	10-7
محطات التوليد العاملة على البترول والغاز	7.5-5
محطات التوليد العاملة على الوقود الذري	6.5-4

تستهلك هذه الاستطاعة من قبل أجهزة القياس والمراقبة والتحكم والحماية والقيادة وأجهزة الإنارة، وأيضاً من قبل العديد من المحركات الكهربائية التي تقود العملية التكنولوجية في المحطة لتأمين الوقود والهواء والماء وتجهيزها بالشكل اللازم والكمية المطلوبة وتأمين علم الدارات المغلقة والمفتوحة لماء التغذية والتبريد.

يبين الجدول رقم (2) بعض القيم الاسمية لمحركات الخدمة الذاتية لمجموعة التوليد التي تستخدم لقيادة بعض المضخات الرئيسة للدارة الحرارية للمفاعل والدارة الحرارية للعنفة.

الجدول (2): القيم الاسمية لبعض المحركات المستخدمة في مجموعة توليد نووية 4440MW

القيم الاسمية للمحركات / نوعية التجهيزات التي تقودها المحركات	U_n [KV]	P_n [KV]	I_n [A]	n_n [r]	K_a [P.U]	m_a [P.U]	m_k [P.U]	Cos φ_n
مضخة التغذية الرئيسة	6	2500	272	2980	6.1	1	2.3	0.92
مضخة التبريد	6	3500	386	1490	6.2	1.06	2	0.90
مضخة تدوير الماء الرئيسة للمفاعل	6	2000	292	1470	4.1	2.0	2.2	0.60
مضخة ماء التكثيف	6	500	57.5	1480	6.5	1.2	2.2	0.89
مضخات تغذية احتياطية	0.4	200	75	2965	5.2	2	2.1	0.91
مضخات مساعدة لمضخة التدوير الرئيسة	0.4	2.5	8	2980	1.8	1.2	2.5	0.61
مضخات الزيت للإقلاع	0.4	55	102	2930	2	1	2.2	0.91

حيث:

U_n: التوتر الاسمي.

P_n: الاستطاعة الفعلية الاسمية.

I_n: التيار الاسمي.

n_n: السرعة الاسمية للدوار.

K_a: عامل تيار الإقلاع.

t_a: عزم الإقلاع.

t_{cr}: العزم الحرج.

$\cos \varphi_n$: عامل الاستطاعة الاسمي.

يتضح من الجدول رقم (2) بأن محركات الخدمة الذاتية الأساسية تتميز باستطاعة عالية، وهي على الغالب محركات تحريضية ثلاثية الطور ذات المقصور، لما تتميز به هذه المحركات من بساطة بالتركيب وسهولة في الاستخدام وثوابت أداء (مردود، عامل الاستطاعة) استثمارية جيدة. تربط هذه المحركات مباشرة على شبكة الخدمة الذاتية وتتغذى منها، فهي تؤثر على الشبكة بسبب تيارات الإقلاع الكبيرة، وتتأثر بميزات هذه الشبكة من ناحية الاستطاعة والتوتر ونوعية بناء الشبكة ونوعية المحولات.

تتم معالجة استقرار عمل نظام الخدمة الذاتية من خلال النقاط الرئيسة التالية:

1- دراسة مسألة تأمين الموثوقية والجاهزية العاليتين لنظام الخدمة الذاتية.

2- دراسة سلوك المحركات التحريضية عند الحالات التالية:

أ- عند قيم متغيرة للتردد والتوتر عن القيم الاسمية المسموح العمل عندها لفترات طويلة أو قصيرة نتيجة الأعطال.

ب-عند إقلاع المحركات التحريضية وإعادة إقلاع هذه المحركات.

2- تأمين الموثوقية والجاهزية العاليتين لنظام الخدمة الذاتية:

يقتضي استخدام مجموعات التوليد الحديثة عالية الاستطاعة زيادة الاهتمام بمسألة تأمين الموثوقية والجاهزية العاليتين لهذه المجموعات للأسباب التالية:

آ- التكاليف الاقتصادية العالية لرفع استطاعة المجموعة.

ب- إن استخدام المجموعات عالية الاستطاعة في قاعدة الحمل وخروجها عن العمل نتيجة عطل يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة.

جـ- التقنية المعقدة لتجهيزات المجموعة التي من خلالها تكثر الأعطال.

د- رفع درجة الأتمتة في قيادة المجموعة.

هـ- رفع درجة الأمان وانخفاض درجة التلوث عند العمل بدون أعطال.

ترتبط موثوقية المجموعة بشكل كبير بدرجة موثوقية نظام الخدمة الذاتية من خلال العوامل التالية:

آ- سقوط نظام الخدمة الذاتية يقود إلى خروج المجموعة من العمل.

ب- خروج بعض أجهزة الخدمة الذاتية من العمل يقود إلى تغير في حالة عمل المجموعة وبالتالي زيادة تحميل الأجهزة الأخرى.

جـ- يرتبط العمل الموثوق في الشبكة أيضاً بموثوقية نظام الخدمة الذاتية.

تفرض العوامل السابقة المبدأ التالي لتصميم نظام الخدمة الذاتية "يجب أن تكون جاهزية أجهزة الخدمة الذاتية أكبر من جاهزية أجهزة المجموعة الحرارية والكهربائية بحيث أن الأعطال في نظام الخدمة الذاتية لا تؤثر على جاهزية وموثوقية المجموعة".

تناقش مسألة الموثوقية والجاهزية من خلال قانون الجاهزية التالي:

$$V_D = \frac{T_B}{T_B + T_A} \qquad (1)$$

حيث:

T_B: المتوسط الزمني الذي يكون فيه النظام أو العنصر جاهزاً للعمل.

T_A: المتوسط الزمني لخروج النظام أو العنصر عن العمل نتيجة عطل أو للصيانة.

V_D: عامل الجاهزية.

تتحدد قيمة كل من T_B وT_A إحصائياً من قبل الشركات المستثمرة للمحطات.

نستنتج من العلاقة (1) إمكانية تحقيق جاهزية عالية وذلك من خلال رفع قيمة T_B وتخفيض قيمة T_A ويتم ذلك كما يلي:

آ- استخدام أجهزة ذات تقنية عالية وصيانتها سهلة.

ب- عدم التحميل الزائد لأجهزة الخدمة الذاتية.

جـ- تحقيق درجة حماية عالية ذات انتقائية جيدة.

د- تخطيط نظام للصيانة الدورية.

هـ- تخطيط وبناء أنظمة احتياطية.

يتم تحديد درجة ونوعية الاحتياط المفروض وفقاً لشروط الموثوقية تبعاً لأهمية الأجهزة المستهلكة لاستطاعة الخدمة الذاتية في العملية التكنولوجية للمحطات الحرارية. وبناء على ذلك سنعتمد التصنيف كما في الجدول (3).

الجدول (3): تصنيف العناصر المستهلكة لطاقة الخدمة الذاتية للمجموعات الحرارية

تصنيف الأجهزة	الزمن المسموح به لانقطاع التغذية الكهربائية Δt	الأضرار الناتجة عن تعطل الجهاز	مثال
درجة أولى I	0	تعرض أمن العاملين والمجموعة للخطر	أجهزة المراقبة والقياس والتحكم والقيادة وإنارة الطوارئ
درجة ثانية II	≤ 3 min	قيادة المجموعة للتوقف الاضطراري	نظام التبريد
درجة ثالثة III	> 3 min	تخفيض جاهزية المجموعة	التجهيزات العامة

يتوفر الاحتياطي في نظام الخدمة الذاتية للمجموعات الحرارية وفقاً للعلاقة التالية:

$$M = L + K \qquad (2)$$

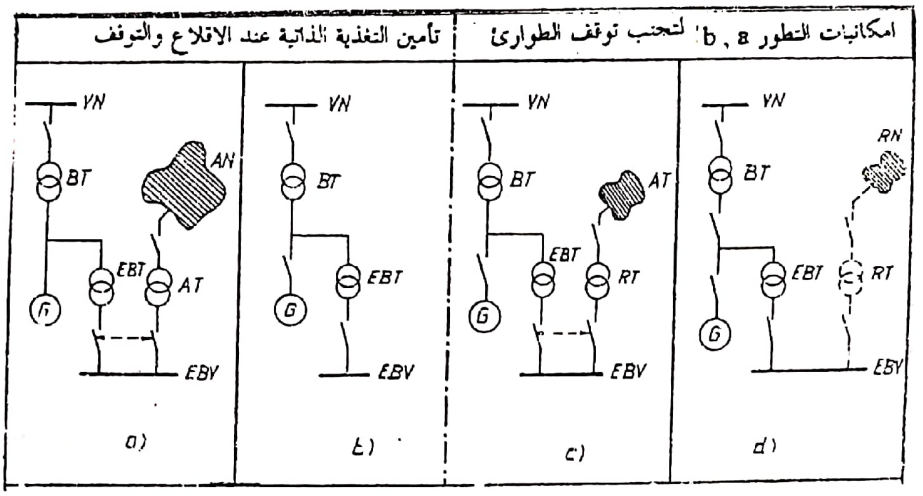
L: النظام الرئيس الذي يقدم 100% من استطاعة الخدمة الذاتية.

K: عدد الأنظمة الاحتياطية للنظام L.

M: عدد الأنظمة الرئيسة والاحتياطية.

يجب ألا يقل عدد الأنظمة الاحتياطية K عن واحد في المحطات الحرارية، وبشكل خاص عن اثنين في المحطات النووية، لأسباب أمنية.

يبين الشكل رقم (1) المبدأ الرئيس لمخطط التوصيلات الرئيسة والاحتياطيـــة لتـــأمين الطاقة الكهربائية لنظام الخدمة الذاتية عند الحالات المختلفة لعمل المجموعة (الإقلاع، التوقف، العمل النظام وحالات الأعطال).



الشكل (1): المبدأ الرئيس لمخططات وصل نظام الخدمة الذاتية إلى مصادر التغذية.

يتم تأمين التغذية الرئيسة لنظام الخدمة الذاتية في الحالات الأربع السابقة عنـــد حالـــة العمل النظامي من خلال مولد المجموعة (G) عبر محولة الخدمة الذاتية (EBT).

تمثل الحالة الأولى (a) حالة الوصل بدون قاطع دارة للمولد، حيث يتم تأمين الطاقـــة الكهربائية من خلال شبكة الإقلاع (AN) لنظام الخدمة الذاتية عند الحالات التالية:

- إقلاع المجموعة.
- توقف المجموعة النظامي المخطط له سابقاً.
- توقف المجموعة الناتج عن الأعطال في الشبكة العامة (VN) أو محولة المجموعة (BT) أو المولد (G) أو أجهزة الدارة الحرارية، حيث يجب فصل المجموعة عن الشبكة العامـــة (VN)، وقيادتها بسلام إلى التوقف وبالتالي نعتبر شبكة الإقلاع كمصدر تغذية احتيـــاطي لنظام الخدمة الذاتية حيث يعتبر مولد المجموعة هو المصدر الرئيس للتغذية.

تمثل الحالة الثانية (b) حالة الوصل مع قاطع دارة للمولد، حيث تعتبر في هذه الحالـــة الشبكة العامة (VN) مصدر تغذية احتياطي، لتأمين الطاقة الكهربائية للنظام الخدمـــة الذاتيـــة عند إقلاع المجموعة، أو توقفها النظامي، أو التوقف الناتج عن أعطال المولد أو أجهزة الدارة

الحرارية. وعند حدوث أعطال في الشبكة العامة (VN) تؤمن الطاقة الكهربائية من المصدر الرئيس أي من المولد (G).

تتميز حالة الوصل الثانية (b) عن حالة الوصل الأولى (a) بما يلي:

i- تجنب حالة إعادة إقلاع المحركات التحريضية عند إقلاع أو توقف المجموعة، وبالتالي تجنب حالة الفصل الناتجة عن انخفاض التوتر بسبب تيارات الإقلاع الكبيرة، وأيضاً تجنب الإجهادات الإضافية للمحركات التحريضية.

ii- رفع درجة موثوقية تأمين الطاقة الكهربائية لنظام الخدمة الذاتية من خلال النقص في عدد العناصر وبالتالي تقليل احتمالات حدوث الأعطال.

iii- رفع درجة انتقائية الحماية في المجال (مولد – محولة مجموعة – شبكة عامة – محولة الخدمة الذاتية).

iv- رفع درجة حماية وأمن المولد عند الأعطال في الشبكة العامة (VN)، حيث يفصل قاطع الدارة للمولد عند عدم استجابة قاطع الدارة للشبكة العامة.

ولكن السيئة الرئيسة للوصل (b) هي ضرورة التوقف الاضطراري للمجموعة في حالة حدوث الأعطال على محولة المجموعة (BT) أو محولة الخدمة الذاتية (EBT).

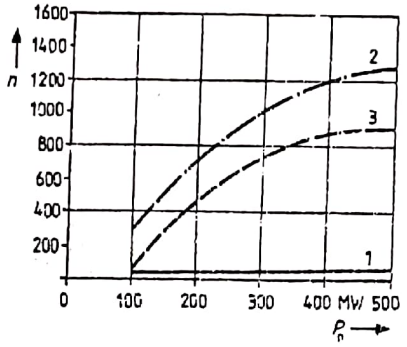
يمكن التغلب على هذه المشكلة بإنشاء شبكة احتياطية (RN) كما في الشكل (c) أو باستخدام قاطع دارة ثاني للمولد الشكل (d)، مع الأخذ بعين الاعتبار أن احتمال حدوث عطل على محولة الخدمة الذاتية (EBT) وقضبان التوزيع الرئيسة لنظام الخدمة الذاتية ضعيف في الحالة الثانية. ويعتمد الحلان السابقان في المحطات النووية، أي قاطع الدارة للمولد، وشبكة احتياطية (RN).

يتم تأمين الطاقة الكهربائية في حالة التعتيم الكامل (التوقف الاضطراري) عند كافة الحالات السابقة من خلال مصادر طاقة احتياطية ضمن المحطة، جاهزيتها ليست لها علاقة بجاهزية المجموعة، أو جاهزية الشبكة الهامة.

تتكون هذه المصادر من مجموعات ديزل ومدخرات، حيث تقوم المدخرات بتأمين تغذية مستمرة بدون انقطاع إلى أن يتم إقلاع مجموعات الديزل وإدخالها في الخدمة.

3- دراسة عمل المحركات التحريضية في نظام الخدمة الذاتية:

تحتاج المحركات التحريضية إلى القسم الأكبر من استطاعة الخدمة الذاتية، حيث تمثل حوالي 80% إلى 90% منها للمحركات التي تعمل على التوتر 6(10)kv. ترتفع استطاعة هذه المحركات ويزداد عددها طرداً مع ارتفاع استطاعة المجموعة كما في الشكل (2) والشكل (3).

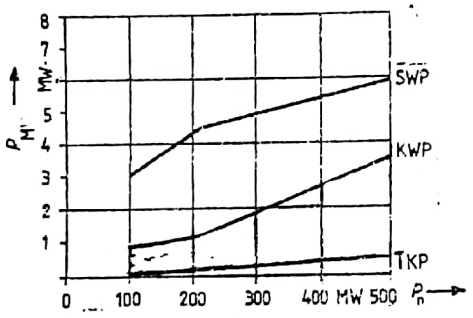


الشكل (2): عدد المحركات (n) كتابع لاستطاعة المجموعة.

1- المحركات التي تربط على التوتر 6 ك.ف أو 10 ك.ف.

2- محركات التوتر المنخفض.

3- محركات صغيرة الاستطاعة لفتح وإغلاق الصمامات.



الشكل (3): تطور الاستطاعة الاسمية لبعض المحركات كتابع لاستطاعة المجموعة.

SWP: مضخة تغذية الماء.

KWP: مضخة التبريد.

TKP: مضخة ماء التكثيف.

P_M: استطاعة المحرك.

P_n: الاستطاعة الاسمية للمجموعة.

نستنتج من الشكل رقم (3) النسبة المئوية لاستطاعة بعض المحركات الكهربائية بالنسبة لاستطاعة المجموعة كما يلي:

مضخة تغذية الماء (SWP): 1.2%.

مضخة التبريد (KWP): 0.75%.

تستخدم كما ذكرنا محركات تحريضية ثلاثية الطور ذات الدائر المقصور لقيادة هـذه المضخات. تتميز هذه المحركات بتيارات الإقلاع التالية حيـث $I_a=(5...6)I_n$ وبشـدة تـأثير العزم بتغيرات التوتر والتردد. وسندرس الحالات التالية:

- عمل المحركات التحريضية على شبكة متغيرة التوتر والتردد.
- عمليات الإقلاع للمحركات التحريضية.

3-1: عمل المحركات التحريضية على شبكة متغيرة التوتر والتردد:

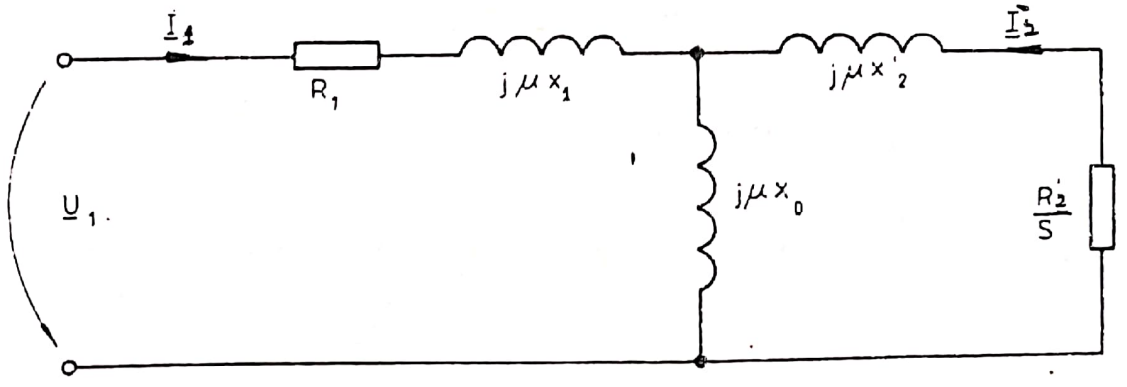
يتعلق عزم المحركات التحريضية بالتوتر والتردد المغذى، لذلك عند حدوث تغيـرات في قيم التوتر أو التردد عن القيم المسموح بها تنشأ خطورة فقدان موثوقية عمل المجموعـة. وسيتم في هذا البند دراسة سلوك محرك تحريضي يقود المضخة الدوارة لتغذية المياه، انطلاقاً من الدارة المكافئة الموجبة البسيطة للآلات التحريضية بناء على الفرضيات التالية:

1- التغذية متناظرة وجيبية.
2- الساحة المغناطيسية جيبية.
3- الحوادث الميكانيكية والكهربائية مستقرة.
4- ثبات عناصر الدارة.
5- إهمال الضياعات الحديدية والإعصارية وتغيرات التيار.

ومع اعتبار أن عامل التردد μ المعرف بالعلاقة التالية:

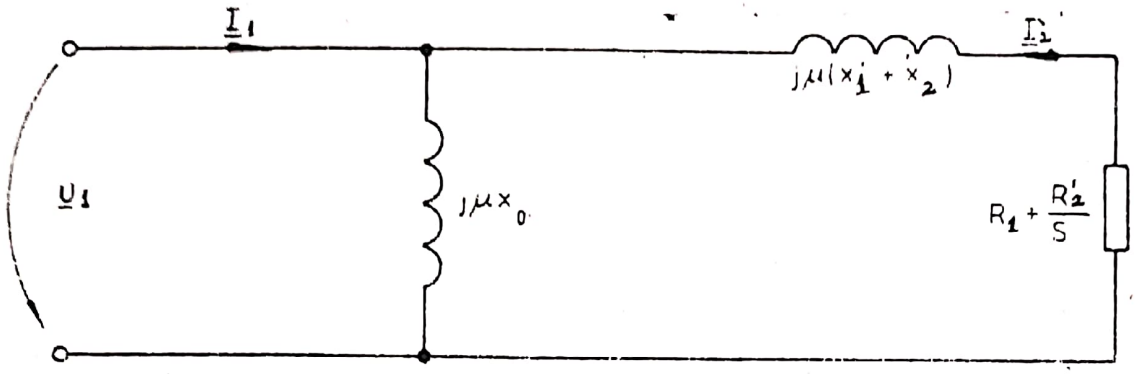
$$\mu = w / w_n = f / f_n \qquad (1)$$

فان الممانعات التحريضية في اللحظة t توافق التردد العامل للشبكة في هذه اللحظـة (تـردد الثابت).



الشكل (4): الدارة المكافئة البسيطة لمحرك تحريضي ثلاثي الطور.

برسم الدارة المكافئة التقريبية (L) كما في الشكل:



تصبح علاقة تيار الدائر كما يلي:

$$I_2' = \frac{-\underline{U}_1}{(R_1 + R_2'/s) + j\mu(X_1 + X_2')} \qquad (1)$$

باستخدام العلاقة (1) لحساب العزم الكهربائي للمحرك التحريضي ينتج:

$$T = \frac{3}{\mu w_n} \frac{-\underline{U}_1^2}{(R_1 + R_2/s)^2 + (\mu X_1)^2} \cdot \frac{R_2}{S} \qquad (2)$$

حيث اعتبرنا $X_i \approx X_1 + X_2$

وبالتالي ينتج الانزلاق الحرج كما يلي:

$$S_{cr} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (\mu X_i)^2}} \qquad (3)$$

ويكون العزم الحرج كما يلي:

$$T_{cr} = \frac{3}{2\mu w_n} \cdot \frac{U_1^2}{\sqrt{R_1^2 + (\mu X_i)^2} + R_1} \qquad (4)$$

بنسب العلاقة (4) على علاقة العزم الاسمي الممثل بالعلاقة التالية:

$$T_n = \frac{P_n}{w_n(1 - S_n)} \qquad (5)$$

ينتج ما يلي:

$$t_{cr} = \frac{T_{cr}}{T_n} = \frac{3}{2\mu P_n} \cdot \frac{U_1^2(1 - S_n)}{\sqrt{R_1^2 + (\mu X_i)^2} + R_1} \qquad (6)$$

ويمكن تبسيط هذه العلاقة باعتبار أن: $R_1 << \mu X_i$ كما يلي:

$$t_{cr} = \frac{3}{2\mu P_n} \cdot \frac{U_1^2(1 - S_n)}{\mu X_i + R_1} \qquad (7)$$

والانزلاق الحرج:

$$S_{cr} = \frac{R`_2}{\mu X_i} \qquad (8)$$

لأجل القيم الاسمية للتردد والتوتر ينتج العزم الحرج المنسوب وفقاً للعلاقة:

$$t_{crn} = \frac{U_n^2(1-S_n)}{2P_n(X_i + R_1)} \qquad (9)$$

حيث $U_1 = U_n/\sqrt{3}$

والانزلاق الحرج الاسمي

$$S_{crn} = \frac{R`_2}{X_i} \qquad (10)$$

إذا اعتبرنا عامل التوتر $U = \sqrt{3}U_1/U_n$ وعوضنا في العلاقتين (9) و(7) ينتج:

$$t_{cr} \approx t_{crn}\frac{U^2}{\mu^2} \qquad (11)$$

باستخدام معادلة كلوس أو منحني العزم النسبي المعطاة بالعلاقة:

$$t = t_{cr}\frac{2}{S/S_{cr} + S_{cr}/s} \qquad (12)$$

وتعويضها في المعادلة (11) ينتج لدينا علاقة العزم المنسوب للمحرك التحريضي بالنسبة للتوتر والتردد كما يلي:

$$t = t_{crn}\frac{U^2}{\mu^2}\frac{2}{S/S_{crn} + S_{crn}/s} \qquad (13)$$

يمكن من خلال حل المعادلة (13) تحليل تأثير تغيرات التوتر والتردد على سلوك المحركات التحريضية من خلال منحني خواص العزم/السرعة.

عند انزياح التوتر والتردد المغذي عن القيمة الاسمية، يبقى عمل المحرك التحريضي الثلاثي الطور مستقراً إذا بقى عزم المحرك T أكبر من العزم المقاوم T_0 ($T > T_0$) بشكل دائم. وبما أن المناقشة ستتم فقط عند تغيرات للتوتر والتردد للشبكة المغذية، ومع اعتبار المحرك في حالة عمل (حالة العمل الاسمية)، فانه يمكن إهمال القسم من منحني خواص العزم/السرعة ضمن المجال ($S_k < S < 1$) أي القسم المحصور بين الانزياح الحرج وحالة التوقف، والتي تسمى منطقة اللااستقرار.

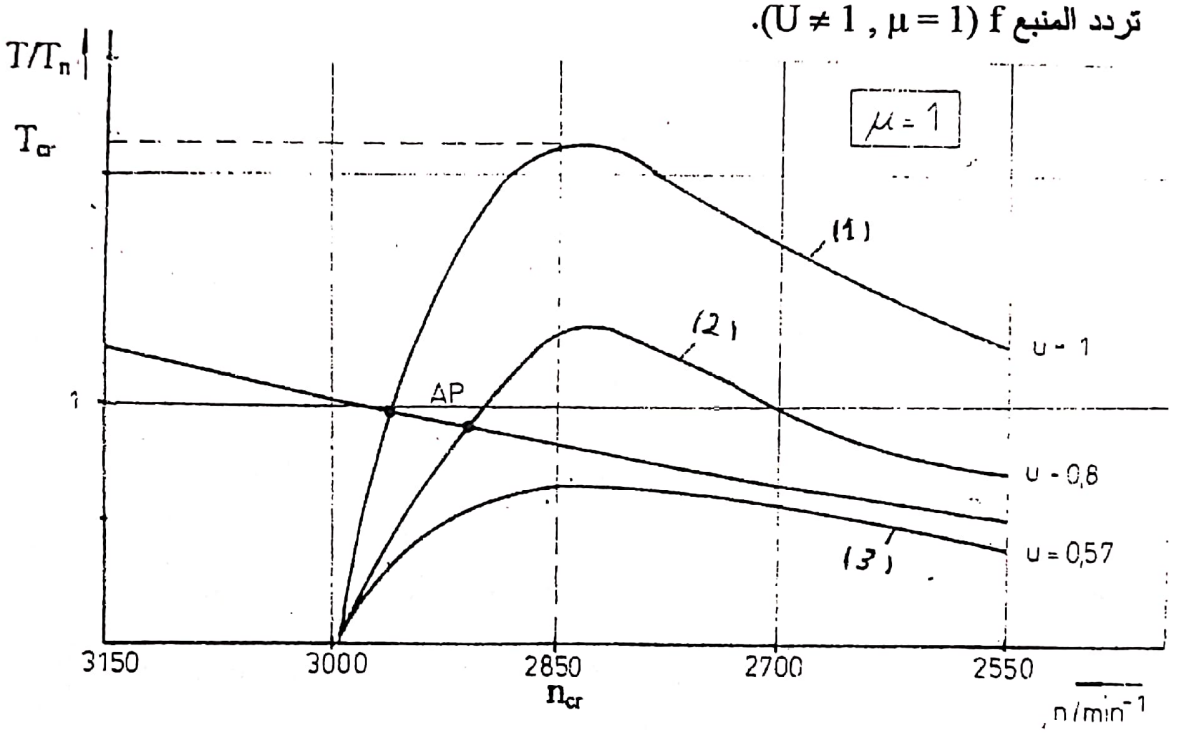
يمكن بشكل تقريبي تحديد معادلة العزم المقاوم T_0 للمحرك التحريضي بدلالة السرعة من خلال الآلة الميكانيكية التي سيقودها وفقاً للعلاقة التالية:

$$t_0 = \frac{T_0}{T_{0n}} = t_{w0}\left[\frac{n}{n_{sn}}\right]^k \qquad (14)$$

يمكن أن يأخذ العامل K القيمة K = 2-3 حسب نوعية المضخة.

إن تأثير تغيرات التوتر والتردد على سلوك المحرك التحريضي يتعلق بمقدار القيمة المتغيرة للتوتر أو التردد وبمنحني العزم المقاوم.

يوضح الشكل رقم (5) منحني خواص العزم/السرعة عند قيم مختلفة للتوتر المغذي مع ثبات تردد المنبع f ($U \neq 1$, $\mu = 1$).



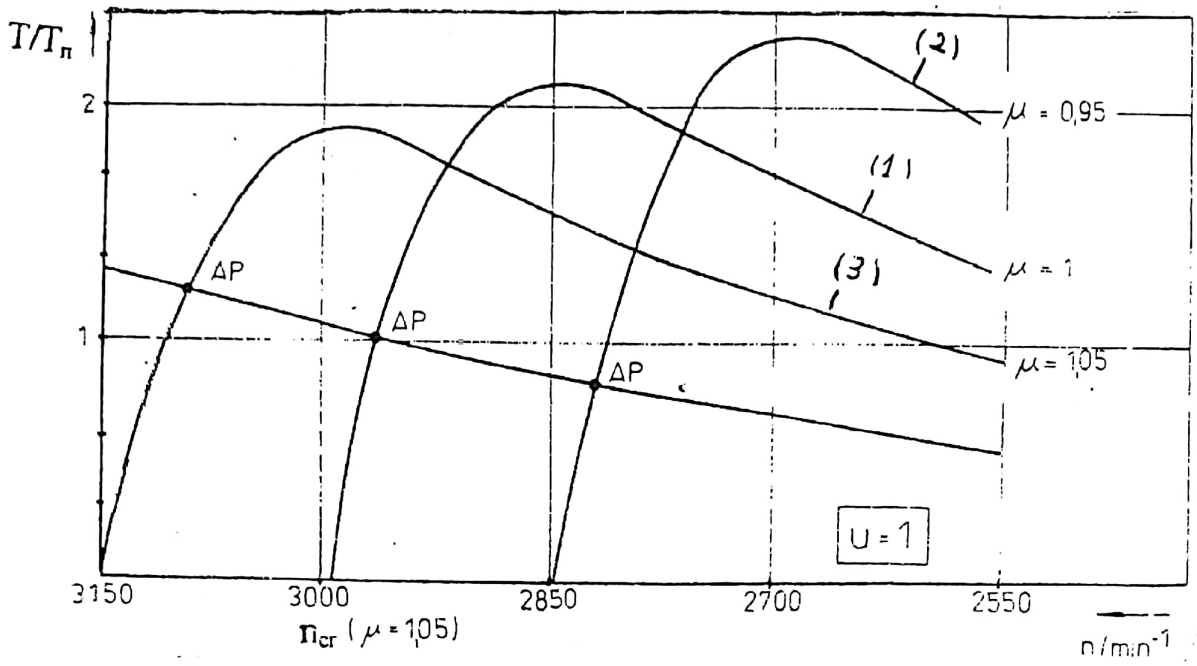
الشكل (5): منحني الخواص العزم/السرعة للمحرك التحريضي عند قيم متغيرة للتوتر وثبات التردد

يؤدي انخفاض التوتر إلى انخفاض عزم المحرك التحريضي ($M \sim U^2$) وإلى انخفاض السيالة المغناطيسية، بينما يزداد تيار الحمل، مما ينتج عنه زيادة في الاستطاعة الكهربائية المفقودة والانزلاق، كما تنخفض سرعة الدوران.

يمثل المنحني (1) علاقة العزم/السرعة عند التوتر الاسمي U_n، والمنحني (2) عند قيمة $U = 80\%U_n$، والمنحني (3) عند قيمة $U = 57\%U_n$، ويحدث في كل حالة انزياح لنقطة العمل AP.

للمحافظة على نقطة عمل مستقرة يجب ألا يسمح بانخفاض التوتر إلى نقطة يصبح عندها العزم المقاوم أكبر ويساوي عزم المحرك، ويطلق على قيمة التوتر في هذه الحالة بالتوتر الحدي (U_{cr}). لو تجاوز هبوط التوتر هذا الحد لتوقف المحرك ما لم تعمل أجهزة الحماية على فصله عن الشبكة.

تمثل الحالة الثانية تغير التردد للشبكة المغذية عن التردد الاسمي $f_0 \pm \Delta f$ وثبات التوتر كما في الشكل رقم (6).



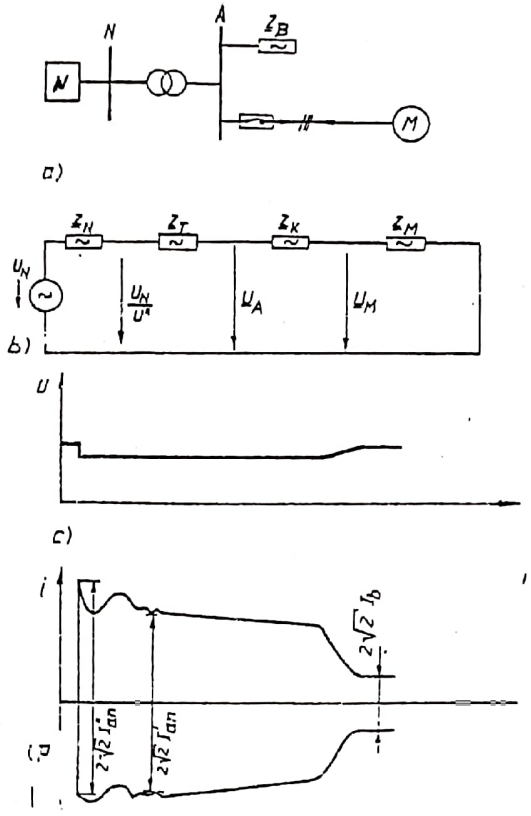
الشكل (6): منحني العزم/ السرعة عند قيم مختلفة للتردد وثبات التوتر.

يؤدي تغير التردد عند ثبات التوتر إلى تغير كل من السيالة المغناطيسية والعزم $\left(M \sim \frac{1}{f_2}\right)$، وأيضاً تيار الحمل. يمثل المنحني (1) على الشكل (6) علاقة العزم/ السرعة عند القيمة الاسمية للتردد f_n، ويمثل المنحني (2) علاقة العزم/السرعة عند انخفاض التردد بمقدار 5%، المترافق مع انخفاض في السرعة التزامنية n_s، وسرعة الدوار، وزيادة في العزم، بينما على العكس فإن زيادة التردد يؤدي إلى نقصان العزم للمحرك التحريضي أي نقصان عامل التحميل $K_b = \frac{T_{max}}{T_n}$ وزيادة في السرعة المتوافق مع إزاحة لنقطة العمل AP.

نستنتج من الحالتين السابقتين أن تشغيل المحرك التحريضي ثلاثي الطور عند قيم متغيرة للتردد والتوتر عن القيم الاسمية يؤثر على عمل المحرك التحريضي، ويمكن أن تحدد مجالات لتغيرات التردد والتوتر بحيث تبقى النسبة U/f = const يسمح ضمنها بعمل المحرك التحريضي ثلاث الطور دون أي تأثير على المحرك وعلى عمله.

3-2: عمليات الإقلاع للمحركات التحريضية:

تعتبر عملية الإقلاع من أهم الظواهر العابرة التي تتشكل أثناء عمل المحركات التحريضية في نظام الخدمة الذاتية، حيث تؤثر ظاهرة الإقلاع على استقرار عمل نظام الخدمة الذاتية لكونها مصحوبة بتيارات إقلاع تحريضية كبيرة تصل قيمتها من أربعة إلى ستة أضعاف التيار الاسمي المحرك التحريضي [$I_a = (4\text{-}6)I_{nm}$]، والتي تسبب هبوطاً في التوتر كما يوضحه الشكل رقم (7).



الشكل (7): هبوط التوتر عند إقلاع المحركات التحريضية

a: مخطط وصل الشبكة

b: الدارة المكافئة بدون الحمولة المسبقة

c: التوتر

d: تيار الإقلاع

N: شبكة تغذية.

يجب التخطيط لكافة الإمكانيات التي تضمن نجاح عملية الإقلاع للمحركات التحريضية في المحطات الحرارية. حيث يؤدي عدم تحقيق عملية الإقلاع إلى الآثار التالية:

1- تأخير عملية الإقلاع المصحوب بإجهادات حرارية للمحركات التحريضية ثلاثية الطور، وأيضاً لتجهيزات الخدمة الذاتية التي تؤمن الطاقة الكهربائية لهذه المحركات.

2- توقف المحرك عن العمل وبالتالي التجهيزات التي يقودها.

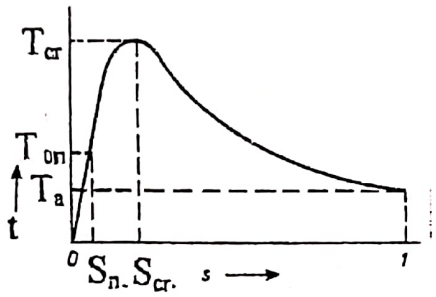
3- تشغيل نظام الحماية من التيار الزائد أو من هبوط التوتر للمحرك التحريضي.

4- تشغيل نظام الحماية من التيار الزائد للمحولة.

يجب أن تتوفر للمحرك التحريضي ظروف الإقلاع، التي تجعله يتخطى منطقة عدم الاستقرار، التي يتحتم عليه أن يمر بها أثناء فترة الإقلاع إلى منطقة العمل المستقرة، ويتم تحقيق هذا الشرط عندما يكون عزم المحرك التحريضي الثلاثي الطور في كل لحظة T من

العزم المقاوم T_0. الشكل (8) يؤخذ عامل أمان بحدود 10% وتصبح المعادلة الموافقة كما يلي:

$$T = f(S,U) \geq 1.1T_0 \ldots\ldots \quad (15)$$



العزم المقاوم الاسمي: T_{0n}

الشكل (8): المخطط البياني لمنحني العزم للمحرك التحريضي

وباعتبار أن عزم المحرك التحريضي يتناسب طرداً مع مربع التوتر ($T \sim U^2$)، فإن هذا يؤدي إلى نقصان العزم بشكل تربيعي مع قيمة هبوط التوتر الناتج عن تيار الإقلاع، ولذلك يجب أن ندخل عوامل تصميمية بحيث لا تسمح بهبوط التوتر عن الحد الأدنى المحدد بالعلاقة التالية:

$$U_{\min} = T_n \frac{n_{cr}}{n_n} \sqrt{\frac{T_{0n}}{T_{cr}}} \quad (16)$$

يمكن تحديد العوامل التصميمية التي من خلالها يتم الحفاظ على الحد الأدنى المسموح به لهبوط التوتر عند عملية الإقلاع باستنتاج العلاقات الرياضية، التي من خلالها يحسب هبوط التوتر.

تعتمد الدارة المكافئة في الشكل (7-b) بدون اعتبار الحمولة المسبقة $\underline{Z_B}$، لحساب هبوط التوتر أثناء عملية الإقلاع (أما في حال اعتبار $\underline{Z_B}$ فإننا نصلها على التفرع مع ممانعة المحرك $\underline{Z_M}$ وممانعة الكابل).

يحسب التوتر $\underline{U_A}$ على قضيب التجميع A عند وصل أحد المحركات التحريضية كما يلي:

$$\underline{U_A} = (\underline{Z_k} + \underline{Z_M})\underline{I_{0n}} \quad (17)$$

وعند قضيب التجميع (N)

$$\frac{\underline{U_N}}{\ddot{U}} = (\underline{Z_k} + \underline{Z_M} + \underline{Z_T})\underline{I_{0n}} \quad (18)$$

بتعويض قيمة $\underline{I_{0n}}$ من العلاقة (18) بالعلاقة (17) نحصل على ما يلي:

$$\underline{U}_A = \frac{\underline{U}_N}{\ddot{U}} \frac{\underline{U}_k + \underline{U}_M}{\underline{U}_k + \underline{U}_M + \underline{U}_T} \qquad (19)$$

وقيمة هبوط التوتر الناتجة عن تيار الإقلاع على قضيب التجميع A

$$\Delta\underline{U} = \underline{U}_{1A} - \underline{U}_A$$

حيث:

$\underline{U}_{1A}$: التوتر في النقطة A قبل وصل المحرك التحريضي.

$\underline{U}_A$: التوتر في النقطة A عند وصل المحرك التحريضي.

$$\Delta\underline{U}_A = \frac{\underline{U}_N}{\ddot{U}} - \frac{\underline{U}_N}{\ddot{U}} \frac{\underline{U}_k + \underline{U}_M}{\underline{U}_k + \underline{U}_M + \underline{U}_T} \qquad (20)$$

$$\Delta\underline{U} = \frac{\underline{U}_N}{\ddot{U}} \frac{\underline{U}_T}{\underline{U}_T + \underline{U}_k + \underline{U}_M}$$

حيث بالنسبة للمحولة:

$$Z_T = \frac{Z_{PS}\%U_n^2}{100S_n} \qquad (21)$$

وللمحرك:

$$Z_M = \frac{1}{I_{an}/I_{nM}} \cdot \frac{U_{nM}}{\sqrt{3}I_{nM}} = \frac{1}{I_{an}/I_{nM}} \cdot \frac{U_{nM}^2}{S_{nM}} \qquad (22)$$

يستنتج من العلاقات (20)، (21)، (22) بأن حالة التوتر عند إقلاع المحركات التحريضية تتعلق بالاستطاعة الاسمية للمحولة S_{nT} وبممانعة القصر للمحولة $\underline{Z}_T$، وأيضاً بالاستطاعة الاسمية للمحرك S_{nM} الموصول، وبحالة الإقلاع I_{an}/I_{nM}.

يجب الأخذ بعين الاعتبار العوامل السابقة مجتمعة عند تصميم نظام الخدمة الذاتية وكلك أثناء استثماره، وبناء على ذلك يمكن اقتراح ما يلي:

1- استخدام محولات للخدمة الذاتية ممانعات قصر توافق بين هبوط التوتر عند الإقلاع $(\Delta\underline{U} = \underline{I}\underline{Z})$ وبين تيارات القصر $\left(\underline{I}_k'' = \frac{\underline{U}''}{\underline{Z}}\right)$ بحيث نوافق ما بين أن تكون صغيرة قدر الإمكان للحد من هبوط التوتر، وكبيرة في الوقت نفسه للحد من تيارات القصر.

2- توزيع المحركات ذات الأداء المتماثل على قضبان التجميع للخدمة الذاتية التي يكون عددها حسب استطاعة المجموعة (k = 2-4)، ووضع برنامج إقلاع واستثمار للمحركات التحريضية ذات الاستطاعة العالية وفقاً للعملية التكنولوجية في المجموعة أثناء الإقلاع.

3- التخلص قدر الإمكان من عمليات تبديل التغذية أثناء الإقلاع والتوقف لتجنب عملية إعادة الإقلاع، وينصح في هذا المجال باستخدام قواطع دارة للمولد.

الخلاصة:

يلعب استقرار عمل نظام الخدمة الذاتية الدور الأهم لرفع جاهزية محطات التوليد الحرارية وبالتالي استقرار عمل شبكة النقل.

ويتحقق هذا الشرط من خلال تصميم نظام كهربائي يضمن تأمين الطاقة الكهربائية (للخدمة الذاتية في المحطة) بوثوقية وجاهزية عاليتين، ويحافظ على هبوط التوتر والتردد ضمن القيم المسموح بها. وقد تم معالجة النقاط التالية في هذا البحث:

1- مناقشة طرائق وصل مخططات التوصل الرئيسة والاحتياطية لتأمين الطاقة الكهربائية لنظام الخدمة الذاتية عند حالات العمل المختلفة (الإقلاع، التوقف، العمل النظامي، التوقف الاضطراري والأعطال). وتم اقتراح الحلول المثلى التي تضمن تأمين تغذية مستقرة لنظام الخدمة الذاتية.

2- استنتاج نموذج رياضي لعمل المحركات التحريضية على شبكة متغيرة التوتر والتردد، حيث يمكننا هذا النموذج من تحديد علاقة العزم بالتوتر والتردد في المحركات التحريضية وبالتالي تحديد المجالات للتوتر والتردد $(Un\pm\Delta U, Fn\pm\Delta F)$ التي تضمن عمل المحركات التحريضية بشكل مستقر ودون حدوث أي ضرر.

3- دراسة عملية الإقلاع للمحركات التحريضية بدقة، وذلك من خلال استنتاج نموذج رياضي لحساب هبوط التوتر عند تلك العملية بهدف تحديد الحد الأدنى المسموح به لهبوط التوتر، والاختيار الأمثل لعناصر نظام الخدمة الذاتية، ولضمان نجاح تلك العملية.

الاختصارات والرموز المستخدمة:

AN: شبكة الإقلاع للمجموعة

AT: محولة الإقلاع للمجموعة

BT: محولة المجموعة

EBT: محولة نظام الخدمة الذاتية

EBV: قضبان توزيع نظام الخدمة الذاتية

I_a: تيار الإقلاع

I_{nM}: تيار المحرك الاسمي

KWP: مضخات التبريد

SWP: مضخة تغذية الماء

TKP: مضخة ماء التكثيف

T_B: المتوسط الزمني الذي يكون فيه النظام أو العنصر جاهزاً للعمل

T_A: المتوسط الزمني لخروج النظام أو العنصر عن العمل

T_0: العزم المقاوم للمحرك التحريضي

T_{0n}: العزم المقاوم الاسمي للمحرك التحريضي

T: عزم المحرك التحريضي

t: عامل العزم

V_D: عامل الجاهزية

μ: عامل التردد

U: عامل التوتر

$\underline{Z}_N$: ممانعة الشبكة العامة

$\underline{Z}_T$: ممانعة المحولة

$\underline{Z}_B$: ممانعة حمولة مسبقة

$\underline{Z}_k$: ممانعة الكابل

$\underline{Z}_M$: ممانعة المحرك

REFERENCES المراجع

[1]- هندسة محطات التوليد الكهربائية

Kraft werks elektrotechnik Prof. Dr. Sc. Tech. Klans – Dieter Weβnigk Berlin 1993.

[2]- الأسس العامة لتحليل حالات العمل في نظام القدرة الكهربائي

Grundilagen elktrischer Bertriebsvorgange in Elektroenergie Systems Prof. Dr. Ing. H. Koettnitz, Leipzig 1986

[3]- الآلات الكهربائية (4) د.نبيل عيد جامعة تشرين 1985.

[4]- استخدام عملية إعادة الوصل الآلية السريعة الأداء لرفع وثوقية محركات الخدمة فـــي محطات التوليد الكهربائية. مجلة جامعة تشرين 1996 د.عبد المطلب أبو سيف

[5]- تقارير المؤتمر العام (13): الاحتياجات الذاتية في محطات التوليد الكهربائية

ETG – Fachbricht 13: Eigebedarfin kraftweken VED – verlag GmbH 1984

[6]- تصميم الموثوقية

Zurer Lassigkeits Strakturen Prof. Dr. Ing. K. Reinshke. Berlin 1987.