إن المعادلات العامة للمحرك التحريضي الأحادي الطور أصبحت معروفة مثلها مثل المعادلات العامة للمحرك التحريضي الثلاثي الطور.لذلك سنعتبر أن استخراج هذه المعادلات سهل ومعروف وهو وارد في معظم المراجع التي تعالج مواضيع المحركات التحريضية ونظراً لأن الغاية هي وضع برنامج ضمن بيئة (Matlab)، سوف نأخذ المعادلات اللازمة لهذا البرنامج دون الخوض في طريقة استنتاجها وفيما يلي المعادلات الضرورية الممكن استخدامها لتمثيل أداء المحركات التحريضية أحادية الطور : [2]

2-1-معادلات السيالة للثابت والدائر :

$$\psi_{qs} = \omega b \int \{v_{qs} + \frac{r_{qs}}{x_{lqs}}(\psi_{mq} - \psi_{qs})\}dt$$
$$\psi'_{ds} = \omega b \int \{v'_{ds} + \frac{r'_{ds}}{x'_{l_{ds}}}(\psi'_{md} - \psi'_{ds})\}dt$$

(8)

$$\psi'^{s}_{qr} = \omega b \int \{v'^{s}_{qr} + \frac{\omega r}{\omega b}\psi'^{s}_{dr} + \frac{r'_r}{x'_{lr}}(\psi_{mq} - \psi'^{s}_{qr})\}dt$$
$$\psi'^{s}_{dr} = \omega b \int \{v'^{s}_{dr} + \frac{\omega r}{\omega b}\psi''^{s}_{qr} + \frac{r'_r}{x'_{lr}}(\psi'_{md} - \psi'^{s}_{dr})\}dt$$

(9)

$$\psi_{mq} = x_{mq}(i_{qs} + i'^{s}_{qr})$$
$$\psi'_{md} = (x_{mq}(i'_{ds} + i'^{s}_{dr})$$

(10)

$$\psi_{qs} = x_{lqs} I_{qs} + \psi_{mq} \qquad i_{qs} = \frac{\psi_{qs} - \psi_{mq}}{x_{lqs}}$$

$$\psi'_{ds} = x'_{lds} i'_{ds} + \psi'_{md} \qquad i'_{ds} = \frac{\psi'_{ds} - \psi'_{md}}{x'_{lds}}$$

$$\psi'^{s}_{qr} = x'_{lr} i'^{s}_{qr} + \psi_{mq} \qquad i'^{s}_{qr} = \frac{\psi'^{s}_{qr} - \psi_{mq}}{x'_{lr}}$$

$$\psi'r^{s}_{dr} = x'_{lr} i'^{s}_{dr} + \psi'_{md} \qquad i'^{s}_{dr} = \frac{\psi'^{s}_{dr} - \psi'_{md}}{x'_{lr}}$$

(11)

$$\frac{1}{x_{Mq}} = \frac{1}{x_{mq}} + \frac{1}{x_{lqs}} + \frac{1}{x'_{lr}}$$

$$\frac{1}{x_{Md}} = \frac{1}{x_{mq}} + \frac{1}{x'_{lds}} + \frac{1}{x'_{lr}}$$

(12)

$$\psi_{mq} = x_{Mq}\left(\frac{\psi_{qs}}{x_{lqs}} + \frac{\psi'^{s}_{qr}}{x'_{lr}}\right)$$

$$\psi'_{md} = x_{Md}\left(\frac{\psi'_{ds}}{x'_{lds}} + \frac{\psi'^{s}_{dr}}{x'_{lr}}\right)$$

(13)

2-2- معادلات العزم الكهرومغناطيسي وحركة الدائر:

$$T_{em} = \frac{p}{2\omega b}(\psi'_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i'_{ds})$$

(14)

$$j\frac{dw_{rm}}{dt} = T_{em} + T_{mech} - T_{damp}$$

$$2H\frac{d(\omega r/\omega_b)}{dt} = T_{em} + T_{mech} - T_{damp} \quad (15)$$

حيث:

Vds, Vqs, Vdr, Vqr **:**توترات الدائر والثابت على المحورين d و q حيث ترمز s للثابت وr للدائر.

ids, iqs, idr, iqr **:** تيارات الدائر والثابت على المحورين d و q حيث ترمز s للثابت وr للدائر.

$\lambda ds, \lambda qs, \lambda dr, \lambda qr$ **:**التشابك المغناطيسي الدائر والثابت على المحورين d و q حيث ترمز sللثابت وr للدائر بدلالة المحارضات (L)، **[1]** .

$\psi ds, \psi qs, \psi dr, \psi qr$ **:** التشابك المغناطيسي الدائر والثابت على المحورين d و q حيث ترمز sللثابت وr للدائر بدلالة المفاعلات (X) ،**[1].**

$\psi md, \psi mq$ **:** التشابك المغناطيسي المتبادل المحورين d و q .

x_{lds}, x_{lqs} **:** المفاعلة التسريبية لملفات الثابت المحورين d و q .

x_{md}, x_{mq} **:** المفاعلة المتبادلة المحورين d و q.

w_r, wb **:** سرعة الأساس ، سرعة دوران المحرك.

$T_{damp}, T_{mech}, T_{em}$ **:**هي العزم الكهرومغناطيسي والعزم الميكانيكي و عزم الإخماد على التوالي.

p **:**عدد أزواج الأقطاب.

x'_{lr}, x_{lr} **:**المفاعلة التسريبية لملفات الدائر ومفاعلة الدائر المنسوبة للثابت**.**

(') **:**الإشارة الفتحة تعني القيم منسوبة لمستوي الثابت.

3- أسلوب النمذجة للمحرك التحريضي الأحادي الطور:

في هذه الفقرة سنجري النمذجة باستخدام ملف نطلق عليه اسم (S .mdl) ، هذا الملف قمنا بإنشائه بالاستعانة بالإمكانيات المتوافرة في مكتبة (Simulink) وذلك لتمثيل محرك تحريضي أحادي الطور واستخدامه لدراسة ميزات وخواص المحركات أحادية الطور سواء التي تعمل دون مكثف إقلاع

خارجي كما في حالة المحركات ذات الطور المشطور أو في حالة المحركات التي تستخدم مكثفات إقلاع مؤقتة أو دائمة ومؤقتة.

تفاصيل النمذجة في الملف (S.mdl) لمحرك تحريضي أحادي الطور باستخدام معادلات النموذج التي اخترناها مبينة في الشكل (9-a). حيث المخطط الكلي لمراحل عمل الملف (S.mdl). المكونات الأساسية لهذا المخطط هي التالي :

1ـ **ExtConn** وهي تحدد بارامترات الدخل والخرج وسيتم إعطاء تفصيل لمكوناتها في الشكل اللاحق (9-b).

2ـ **Qaxis , Daxis** وهي تمثل تمثيل المعادلات في المحاور العرضانية والمحاور الطولانية وتفاصيل المكونات والمعادلات موضح في الشكل(9-c,e).

3ـ **Rotor** وهو الذي يوضح معالجة معادلات العزم والسرعة آلية إدخال البارامترات وحل معادلة العزم . موضحة الشكل (9-d).

4ـ **Initialize and plot** ملف مساعد لتحقيق عمليات الرسم واستدعاء ملف موصفات المحرك المدروس ويجب وضعه على واجهة البرنامج العام .

5 ـ **Mux** ناخب لإظهار الإشارات المطلوبة.

تم اعتبار منبع التوتر الأحادي الطور المغذي للمحرك على أنه منبع ذو موجة جيبية sine) (wave باستخدام بلوك خاص بذلك (sine wave) .

الشكل(9-b) يوضح محتويات البلوك (ExtConn) الربط بالعناصر الخارجية الذي يعطي توتر الدخل للادارات على المحورين (ds) و(qs) ويحتوي على النمذجة (التمثيل) لإدخال توتر المكثف المناسب أو توتر الدارة المفتوحة إلى الملفات على المحور (ds)

وعلى سبيل المثال، في حالة محرك ذي مكثف إقلاع فإن القاطع المنطقي(switch) (مفتاح تحويل) يفصل بشكل فوري مكثف الإقلاع عند التيار صفر ويغير التوتر المطبق على طرف الملف على المحور (ds) من توتر المنبع مطروحاً منه توتر المكثف إلى توتر الدارة المفتوحة فقط ليماثل بذلك توتر الملف (ds) المفتوح مباشرةً بعد أن يبلغ الدائر سرعة الفصل المناسبة للمكثف.

إن توتر الدخل للملف على المحور المباشر (ds) والمستخدم في تمثيل شروط الحالة المفتوحة للملف ترتكز على المعادلات التالية لحالة الدارة المفتوحة:

$$i'_{ds} = 0$$

$$\Psi'_{ds} = \Psi'_{md} = x_{mq} i'_{dr}$$

$$(16)\ V_{ds} = \frac{x_{mq}}{w_b} \frac{d_{i'dr}}{dt}$$

$$i'_{dr} = \frac{\Psi'_{dr}}{x'_{lr} + x_{mq}}$$

$$V'_{ds} = \frac{1}{w_b} \frac{x_{mq}}{x'_{lr} + x_{mq}} \frac{d\Psi'_{dr}}{dt}$$

بتنفيذ الملف (S.mdl) من الـ (Simulink) على جهاز الكمبيوتر واستخدام الملف (m .m) الذي يحتوي على:

1- طلب تحميل مواصفات المحرك المدروس .

2- طلب إدخال خيار نوع المحرك المراد إجراء التمثيل له(محرك ذو قطب مظلل أو محرك ذو طور مشطور ،أو محرك ذو مكثف إقلاع أو محرك ذو مكثف إقلاع ومكثف عمل).

3- تسلسل إظهار النتائج والمخططات لدراسة الإقلاع وسلوك الاستجابة لتغيرات الحمل على محرك تحريضي أحادي الطور، باستطاعة (ربع حصان) ، 110 فولت و 50 هرتزاً .

مواصفات محرك ذي استطاعة(ربع حصان)وقيم المكثف الخارجي موضحة في الملف (Singleph.m) [1].

ويمكن دراسة ومعالجة مختلف حالات التشغيل للمحرك الأحادي الطور بحالاته الثلاث المعروفة كما ذكرنا.

4- حالات تشغيل المحرك التي تم تمثيلها:

4-1- الإقلاع دون تحميل ميكانيكي:

أولاً سنستخدم التمثيل لدراسة سلوك محرك يقلع من نقطة السكون من دون تحميل ميكانيكي(حالة لاحمل). نستخدم الملف (m .m) ومحددات المحرك المعطى في الملف (Singleph.m) لتحديد خصائص الحالة المستقرة، وأخذ شرط التمثيل لإقلاع محرك يعمل كمحرك ذي الطور المشطور.

أعيدت الدراسة مع محددات المحرك نفسها لكن لتمثيل حالة عمل محرك ذي مكثف إقلاع وحيد، و كررت العملية لتمثيل حالة عمل محرك ذي مكثف دائم بعد مرحلة الإقلاع إضافة إلى مكثف مؤقت عند الإقلاع.

تم إظهار نتائج الحالات الثلاث وذلك بقصد معرفة خصائص الحالة المستقرة ومقارنة العزم المتوسـط الناتج لكل حالة، الكفاءة ، وتحديد قيم تيار الملف، والفرق في الطور بين تيارات الملفات على المحاور (q_s) و (d_s).

4-2- الاستجابة لتغيرات (مفاجئة) في التحميل:

في هذه المرحلة سوف ندخل تعاقب مبرمج لتغيرات العزم المطبق بشكل قفزة في (T_{mech}) والمعطاة في الملف (m.m). نبدأ التمثيل لحالة محرك يعمل كمحرك ذي طور مشطور ويقلع من حالة التوقف التام، بعد الدوران عند اللاحمل سنعمل على تطبيق تغيرات بشكل قفزة في العزم الميكانيكي الخارجي المطبق على المحرك.

أعيد التمثيل مع المحرك وهو يعمل كمحرك ذي مكثف إقلاع، ثم بعد ذلك تم تمثيل حالة محـرك ذي مكثف إقلاع ومكثف عمل دائم بعد مرحلة الإقلاع.

لدى إجراء المقارنة لاحظنا الاختلافات الحاصلة في سرعة الدائر، تيارات الملف و نبضات العـزم ، عند التغيير في الحمولة.

- نتائج التمثيل لحالة محرك ذي الطور المشطور عند اللاحمل وعند التحميل موضحة في الأشكال (10) و(11) و (12) و (13) و(14) .

- نتائج التمثيل للمحرك نفسه وعندما يعمل كمحرك ذي مكثف إقلاع سواء عند اللاحمل أو التحميـل معطاة في الأشكال (15) و(16) و (17) و(18) و (19).

- نتائج التمثيل للمحرك نفسه عندما يكون فيه مكثف إقلاع ومكثف دائم (في مرحلة ما بعد الإقـلاع) سواء عند اللاحمل أو التحميل موضحة في الأشكال (20) و(21) و (22) و (23) و(24) و (18).

ـ نلاحظ في المحرك ذي الطور المشطور شكل (10) أن عزم الإقلاع ذو قيمة جيدة مقارنة بـالعزم الاعظمي . كما نلاحظ كبر التيار (Iqs) عند الإقلاع مقارنة بالتيار (Ids) وكيف يتغيـران عكـس بعضهما بعضاً كلما زادت السرعة .

ـ وفي الشكل (11)يمكننا مراقبة نمو العزم (Tem) مع زمن الإقلاع وأيضاً نمو السـرعة الزاويـة للدائر (wr) بالنسبة للزمن التوترات (Vds , Vqs) ذات شكل قريب الجيبي المتناوب

ـ في الشكل (12) سرعة في (ψqs) عند الإقلاع أكبر من (ψds) بالمقابل Ids أكبر مـن Iqs . تتوتر المكثف Vc مساوياً للصفر كونه غير موصول .

ـ في الشكل (13) عند تحميل المحرك ذي الطور المشطور بحمولة على شكل قفزات ، بـدءاً مـن اللاحمل نلاحظ كما في الحالة المبينة بالشكل (11) أن العزم ينمو بدءاً من الصفر لكن عند تطبيـق الحمولة يزداد العزم ويأخذ شكلاً أقرب للاستقرار، نسبة التزايد ضعيفة . الأمر ذاته ينطبق على سرعة

الدائر wr نلاحظ تزايد السرعة ثم وصولها لقيمة ثابتة أقل من السرعة الاسمية فور تطبيـق الحمـل وحصول تزايد بطيء للسرعة .

وسوف نبين محتويات الملفات (m .m)) و (Singleph.m) في الملحق (Appendix1)

- الأشكال (19 -18 -17 -16 -15) تعطي نتائج تشغيل المحرك أحادي الطور وحالة استخدام مكثف إقلاع يفصل هذا المكثف بعد وصول السرعة لقيمة معينة قريبة من السـرعة الاسـمية . وخلال برنامج عملنا هذا تم وصل هذا المكثف بعد (0.6)ثانية من بدء الإقلاع .
- في الشكل (15) نرى الأشكال العامة لعلاقة العزم -السرعة لهذا النوع من المحركات وكيف أن عزم الإقلاع هنا أكبر من قيمة عزم الإقلاع التي قسناها لحالة المحرك ذي الطور المشـطور . أيضاً يلاحظ أن التيارIqs عند الإقلاع كبير ويتناقص مع تزايد سرعة الدائر بالمقابـل التيـار Ipds أصغر من Iqs عند الإقلاع ويتناقص ببطىء مع تزايد السرعة، ولكن يرتفع بشكل مفاجئ وكبير عند الوصول للسرعة الاسمية .
- في الشكل (16) نلاحظ أن التوتر Vqs ثابت سواء قبل فصل مكثف الإقلاع أو بعده .بينمـا التوترVds يبدأ عند الإقلاع بقيم صغيرة ويبدأ بالنمو مع زيادة السرعة ، ولدى فصل المكثـف عند (t=0.6 sec) ثانية يتناقص التوتر (Vds) ويبقى بقيمة ثابتة صغيرة بالنسبة لقيمة التوتر (Vqs). العزم الكهربائي (Tem) يبدأ من قيمة موجبة، ويبدأ بالتناوب حول القيمة الوسطى مع تزايد السرعة، وتتزايد تغيرات العزم لدى ارتفاع السرعة ، وبعد فصل المكثف يعود العزم للقيمة الموجبة المستقرة .كما تحافظ السرعة على القيمة الاسمية بعد فصل المكثف .
- في الشكل (17) نتأكد من أن توتر المكثف ينعدم بعد فصله (Vcap) ونلاحظ عدم تغيير الفيض المغناطيسي (ψqs) قبل فصل المكثف وبعده كونه يتبع تغيرات التوتر Vqs ، بينما يتأثر الفيض المغناطيسي (ψds) لذا يبدأ بقيمة صغيرة ويتزايد مع الزمن ونرى أنه يأخذ قيمة شبه ثابتة بعد فصل المكثف وهو يتبع تغيرات التوتر Vds .بالمقابل التيار Iqs يتناقص مع تزايد السرعة و يأخذ قيمة صغيرة جداً بعد فصل المكثف ،بينما ينعدم التيار Ids بعد فصل المكثف.
- وفي الشكل (18)حالة إقلاع المحرك بوضعية اللاحمل وبدء تطبيق حمل عليه على شكل قفزات التوتر Vqs مثل الفيض (ψqs) لا يتأثر بفصل المكثف. التأثر يظهر فقط على التـوتر vds والعزم Tem ، سرعة الدوران wr عند فصل المكثف تكون قد وصلت لقيم قريبة مـن القـيم الاسمية ولا تتأثر بعملية فصل المكثف .إعادة فصل الحمل المفاجئ أو تطبيقه كما نرى في الشكل (18) لا تؤثر بشكل ملموس في سرعة الدوران أو قيم العزم Tem .

يستمر الشكل (19) بعرض تغيرات توتر المكثف خلال فترة توصيله ،ثم (ψqs) و(ψds) وهذه التغيرات تماثل التغيرات التي لاحظناها في حالة اللاحمل للمحرك نفسه، أيضاً نلاحظ أن تغيرات Ids,Iqs تماثل التغيرات التي حصلت في حالة اللاحمل .

- في الشكل (20) يمكن متابعة نتائج التمثل لمحرك أحادي الطور ذي مكثف إقلاع دائم، الشيء المميز في هذه المنحنيات الاستطاعة المتولدة (Developed power) يتزايد بميل يشابه أكثر خواص المحركات التحريضية العادية .كما أن مردود المحرك يكون أكبر بكثير من مردود باقي المحركات سواء ذات الطور المشطور أو ذات مكثف الإقلاع ،ولقد لمسنا أن مردود المحرك ذي الطور المشطور لم يتجاوز(10%) وفي حال استخدام مكثف إقلاع وصل إلى (40%) بينما في هذه الحالة وصل مردود المحرك إلى (80%) أي أن خواص العمل تحسنت، كما نلاحظ أن زوايا Iqs و Ids بقيت ثابتة نسبياً مع تغيير سرعة الدوران ،وكانت في الحالات السابقة متعاكسة تجاه التغيير.

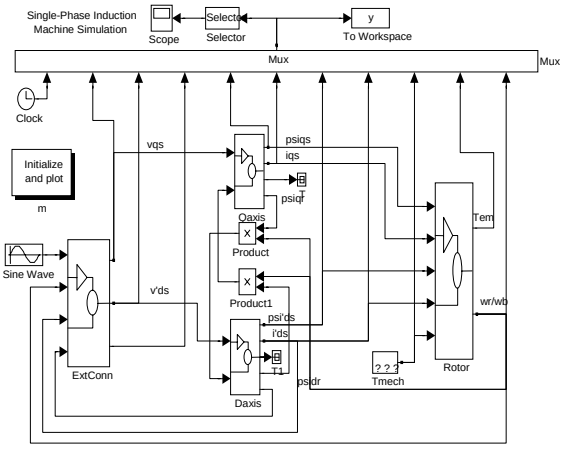
في هذا المحرك خواص العزم السرعة تشابه خواص المحركات ثلاثية الطور وعزم الإقلاع عند السرعة صفر ذو قيمة صغيرة نسبياً يتزايد مع تزايد سرعة الدوران ، ولدى مقارنة هذه الحالة بحالة استخدام مكثف إقلاع وجد نجد أن عزم الإقلاع عندئذ عند سرعة الدوران صفر كان أكبر من هذه الحالة، وكانت قيمة العزم شبه ثابتة حتى وصل المحرك إلى سرعات عالية.

- في الشكل (21) الخواص المرسومة لهذا المحرك لا تختلف عن الخواص التي حصلنا عليها في حالة مكثف إقلاع ولا يمكن التمييز بينها نسبياً شكل (16).
- المقارنة بين الشكل (22) و الشكل (19) تتمة المنحنيات نلاحظ بقاء توتر على المكثف Vcap بعد فصل مكثف الإقلاع بل وارتفاع قيمته .كما يلاحظ أن (ψqs) ازدادت بعد الفصل ،قيم Ids و Iqs لم تتغير نسبياً.
- في الأشكال (24,23) الخواص المرسومة تشابه حالة المحرك ذي المكثف الدائم الأشكال (19,18) فقط نلاحظ بقاء تيار صغير Ids وبالطبع بقاء توتر Vcap كوننا لم نفصل المكثف الدائم .
- **الخاتمة :**
- من دراسة التمثيل التي قمنا بها في هذا البحث نلاحظ السهولة والمرونة الممكن الوصول إليها في معرفة مختلف العوامل المؤثرة في أداء المحرك ، حيث يمكن معرفة تصرف الفيض المغناطيسي (ψ_{ds}) , (ψ_{qs}) في المحرك عند مختلف حالات التشغيل ،كما يمكننا وبسهولة معرفة قيم التيارات المارة في المحاور وأيضاً قيم التوترات الناشئة على مكثفات الإقلاع والمكثف الدائم وهذا يساعدنا في حسن اختيار توتر المكثف الواجب استخدامه في تشغيل هذا النوع من المحركات .

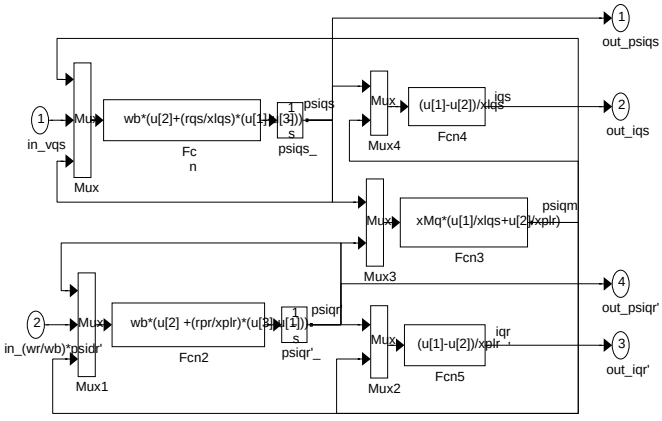
كما أن مراقبة عزوم الإقلاع ومنحنيات خواص العزم السرعة يساعدنا في معرفة عزوم الإقلاع الممكن الحصول عليها من هذا الأنواع من المحركات وتحديد مجال استخدامها . نلاحظ غالباً أن عزم الإقلاع عند بدء الدوران لا يشكل قيماً واضحةً وكبيرة مقارنة بقيم العزم الأعظمي ،لـذا لا يمكن تحميل مثل هذه المحركات بعزوم ثابتة كبيرة ، لكن يمكن تحميلها بأحمال ذات خواص عزم سرعة مناسبة ، بحيث يتزايد عزم الحمل فيها مع تزايد سرعة الدوران . كما يلاحظ أن المحرك ذا مكثف الإقلاع يقدم عزم إقلاع أكبر بكثير من عزم الإقلاع عند إضافة مكثف دائم وهذا يدعونا للتساؤل ، لماذا إذاً نسعى لإضافة مكثف دائم مقارنة شكل (15 , 20) لكن هنالك من سيقول إن مردود المحرك ذي المكثف الدائم يبقى بعد تجاوز الإقلاع أفضل وإذا كانـت حـالات الفصـل والوصل غير متكررة فإن استخدام مكثف دائم أفضل .

- -أيضاً يمكن القول: إن مردود المحرك ذي المكثف الدائم أفضل بكثير من المحرك ذي الطـور المشطور على الرغم من أن عزم الإقلاع ذي الطور المشطور أكبر من حالة المكثف الدائم .
- هذه المنحنيات في الحقيقة يصعب الحصول على مثيل لها في حالة التمثيل الفيزيائي أي لو أردنا دراسة محرك مخبرياً فإن مسألة قياس تغيرات العزم مع السرعة أو الفيض أو التـوتر تحتـاج لتجهيزات متطورة جداً وقد لا تكون متوافرة في معظم المخابر، وعملية التمثيـل سـاعدتنا فـي إعطاء صورة أكثر وضوحاً من حالات التشغيل المخبرية التي كنا نعتمدها في مخابرنا.
- نحن نعلم دائماً أنه يجب مقارنة نتائج التمثيل بالنتائج المخبرية حتى يمكن الحكم على دقة نتائج التمثيل وصحتها، لكن لو أردنا مثلاً تحقيق هذه الغاية في هذه الحالة التي نعالجها لا بد من ذكـر أبعاد النتائج المخبرية ومواصفاتها.
- لدى وضع المحرك الأحادي الطور في الاختبار يمكن قياس توتر الـدخل – اسـتطاعة الـدخل –معرفة سرعة الدوران النهائية – قياس توتر المكثف النهائي – ولدى تحميل المحـرك يمكـن تحديد عزم الحمل المطبق (N m) لكن لايمكن معرفة أو قياس تغيرات هذه القيم مـع الـزمن خلال فترة الإقلاع، ذلك أنه حتى يمكننا معرفة العزم المولد من المحرك يجـب إضـافة نظـام متكامل لقياس العزم إلى محور المحرك، وغالباً لا يمكن تطبيق مثل هذا النظام على المحركـات الصغيرة هذه وبالكاد يمكن وضع مثل هذه الأنظمة على بعض المحركات المخبرية المتطورة . قد يمكننا ربط (مولد السرعة)(Tacho generator) على محور المحرك لقياس تغيـرات السرعة مع الزمن عن طريق قياس توتر خرج مولد السرعة ،إنما في هذه الحالة لا يمكننا ربـط الحمل وتحميل المحرك لعدم توافر مكان لذلك على هذه المحركات الصغيرة .
- أخيراً لابد من الإشارة إلى أن التوترات والفيوض المقيسة في الحالة التمثيلية تبين عـدم جيبيـة أمواج التوتر والفيض ووجود توافقيات متعددة ضمن هذه الأمواج ، وهذا لا يمكن معرفتـه فـي

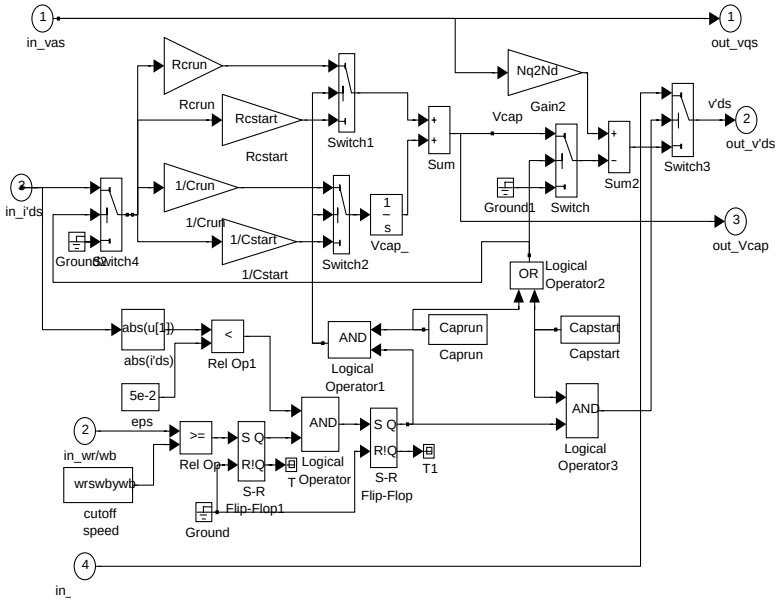
الطريقة المخبرية ،كما أن مقاييس الفولت المستخدمة قد لا تتحسس لهذه التغيرات ، وقراءاتهـا عندئذ ستكون غير سليمة .



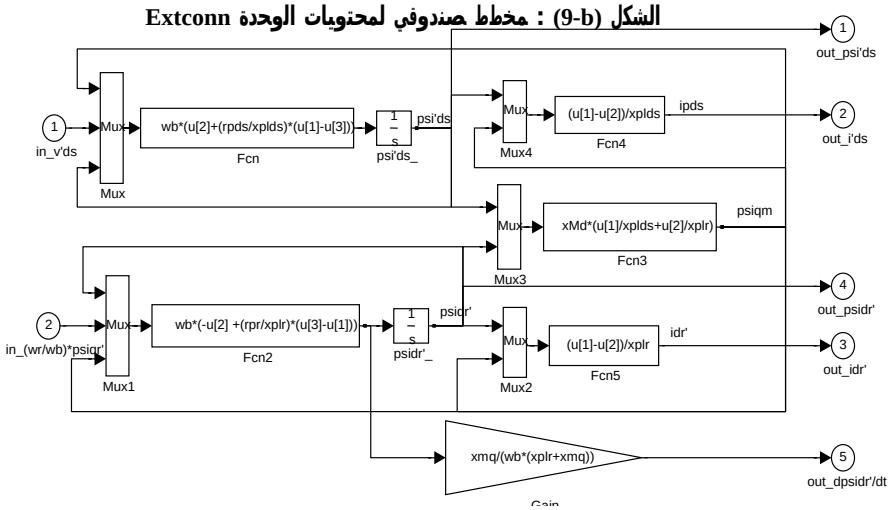
الشكل (9-a) صندوقي عام لملف النمذجة (S.mdl) وعلبه ملف التشغيل (m.m)



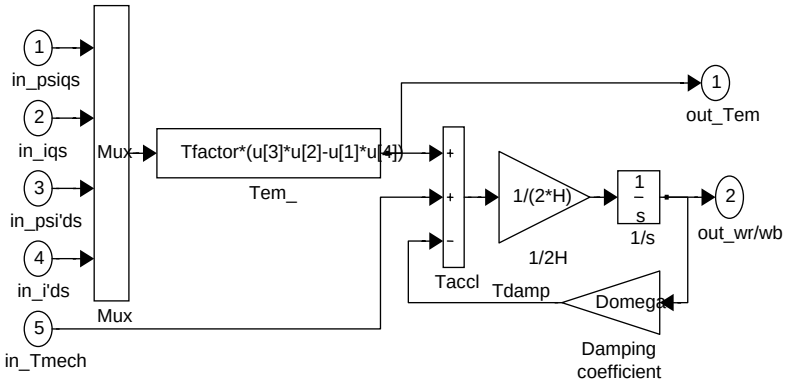
الشكل (9-c) : مخطط صندوقي يبين محتويات الوحدة Qaxis



الشكل (9-b) : مخطط صندوقي لمحتويات الوحدة Extconn



الشكل (9-e) : مخطط صندوقي يبين مكونات الوحدة Daxis



الشكل (9-d) :مخطط صندوقي يبين مكونات الوحدة Rotor التي تعبر عن معادلات