

# دراسة إنتاج الطاقة الكهربائية من الغازات الحيوية (البايوجاز)

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية (قدرة)

إعداد الطلاب :

إبراهيم محمد العوض عبدالله  
عبدالرحمن عبدالباقي عبدالرحمن  
محمد عبدالله محمد النور علي  
معاذ عبدالمنعم عبدالله أحمد

إشراف :

د/ صديق عبدالرحمن

قسم الهندسة الكهربائية  
كلية الهندسة  
جامعة الشيخ عبدالله البدري



مارس 2022م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## الآية

قال تعالى :

( أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ  
يَجْعَلُهُ رُكَّامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ  
وَيُنزَّلُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ جِبَالٍ فِيهَا مِنْ بَرَدٍ  
فَيُصِيبُ بِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَنِ مَنْ يَشَاءُ<sup>ط</sup>  
يَكَادُ سَنَا بَرْقَةٍ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ ) .

صدق الله العظيم

سورة النور الآية (43)

الإهداء

نهدي كل ما تم من عمل إلى الأمة الإسلامية جمعاء

ثم

إلى من كانت العظمة تحت قدميها

إلى القلب الذي الجأ إليه كلما أتقلتني الهموم

أمي

إلى من جاء بي إلى عتاب الزمن وقيثارة الحب

إلى من علمني التحدي والصمود

ورمز الوفاء بلا حدود

أبي

إلى الذين غمروني بالبهجة والسعادة

إلى الذين هم بمثابة شمسي وضحاها

أخواني وأخواتي

إلى الذين علموني كيف يكون النهل من ينابيع المعارف

أساتذتي

## شكر و عرفان

الشكر أوله لله تعالى من قبل ومن بعد أن هياً لنا أمرنا رشدا

أنه نعم المولى ونعم النصير ،،،

الشكر كل الشكر لجامعة الشيخ عبدالله البدرى تلك الصرح الشامخ العريق الذي فتح

لنا أبواب من أجل العلم والمعرفة ،،،

الشكر أجزله للأستاذ / د . صديق عبدالرحمن الذي ساعدنا بكل صبر وحكمة في هذا العمل .

والشكر موصول إلى كل الأساتذة الأجلاء :

بقسم الهندسة الكهربائية الذين لم يبخلوا

علينا في تقديم كافة المعلومات ،،،

وكل من كان لنا سند و عون في إخراج هذا البحث ،،،

ونسأل الله أن تكلل المساعي والنجاح وأن يأتي ثمرته كل حين بإذن الله

## المستخلص :

يواجه العالم أزمة طاقة بسبب نضوب وندرة مصادر الطاقة غير المتجددة، لذلك فإن البحث عن مصادر طاقة بديلة متجددة أمر في غاية الأهمية لأصحاب المصلحة في جميع أنحاء العالم، ويعد الغاز الحيوي من مصادر الطاقة المتجددة متعددة الاستخدام الأمر الذي جعله في مقدمتها.

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية استخدام الغاز الحيوي كمصدر من مصادر إنتاج الطاقة الكهربائية بديلا للمصادر غير المتجددة (المشتقات البترولية) .

تناول البحث في البدء عملية إنتاج وتوليد الغاز الحيوي وذلك باستخدام تقنية الهضم اللاهوائي للمخلفات العضوية للأبقار (روث الأبقار) ،وهي تكنولوجيا تستخدم مجموعة من العمليات البيولوجية في تحويل المخلفات العضوية عن طريق الكائنات الحية الدقيقة لإنتاج مزيج من الميثان وثنائي أكسيد الكربون (الغاز الحيوي) .

تم إجراء تجربة فعلية لإنتاج الغاز الحيوي من مواد أولية (برميل بلاستيك سعة 120 لتر، خراطيم توصيل) عند حجم معين للكتلة الحيوية وزمن بقاء محدد في الهاضم اللاهوائي وتم التحصل على كمية مقاسه من الغاز الحيوي ، بعد التحصل على الغاز الحيوي تأتي مرحلة الاستفادة من هذا الغاز في عملية التوليد الكهربائي وذلك بالتطرق لعدة طرق وتقنيات في عملية التوليد، كالتعديل في ماكينات البنزين على العمل بالغاز الحيوي وذلك دون الحاجة إلى تعديلات ميكانيكية داخلية مكلفة، حيث يكون التعديل فقط على مرشح الهواء.

كما تطرق أيضا إلى تعديل ماكينات الديزل على العمل بالنظام الهجين للغاز والديزل.

كما تناول البحث استخدام المحركات الغازية والمولدات التزامنية والتوربينات الغازية دورها في منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية من الغاز الحيوي.

تمت نمذجة ومحاكاة نظام إنتاج الطاقة الكهربائية من الغاز الحيوي وذلك عبر برنامج (MATLAB/SIMULINK) باستخدام مولد تزامني، وعند قيم مختلفة للغاز الحيوي تم أخذ وقياس قيم جهد خرج المولد التزامني المقابلة لكل قيمة من قيم دخل الغاز الحيوي.

## Abstract:

This research studies the possibility of using biogas as a source of energy production as an alternative to sources (petroleum derivatives). Production produces the production and generation of natural gas using the technology of anaerobic digestion of organic waste from cows (cow dung), which is a mass used in the natural reality to convert organic waste into product, product, product, product, product, product, product, output, output gas. An actual experiment was conducted for the value of natural gas in raw materials (120 liter barrel, delivery hoses) at certain volume of biomass and a specified residence time in the anaerobic digester and a measured amount of biogas was obtained. After obtaining natural gas, the stage of benefiting from this gas in the electrical generation process comes by modifying the methods and techniques in the generation process, such as modifying the distribution and techniques in the generation process, without the need for an internal mechanic, where the adjustment is only done on the air. It also touched on the modification of diesel-powered machines to the gas and diesel system. Gaseous and its role in the project to produce electric power in the gaseous. The natural gas energy production system was modeled and simulated via the MATLAB / SIMULINK program using asynchronous generator, and at different values of biogas the generator output voltage values for the corresponding gas were taken and measured for each environmental input value.

## فهرس المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
I	الآية
II	الإهداء
III	شكر و عرفان
IV	المستخلص
V	Abstract
VI-VII	فهرس المحتويات
VIII	فهرس الجداول
IX-X	فهرس الأشكال
	<b>الفصل الأول</b>
1	(1-1) المقدمة
2	(2-1) مشكلة البحث
2	(3-1) أهمية البحث
2	(4-1) أهداف البحث
2	(5-1) آلية البحث
	<b>الفصل الثاني</b>
4	(1-2) مقدمة
4	(2-2) تحديد حجم الهاضم
4	(3-2) زمن البقاء في الهاضم
9	(4-2) تحديد سعة خزان الغاز
9	(5-2) تصميم شبكة نقل الغاز
10	(6-2) تصميم هاضم صغير نموذج هندي يناسب مزرعة بثلاث أبقار
	<b>الفصل الثالث</b>
17	(1-3) مقدمة
17	(2-3) يمكن توصيف عمل عمل المحطات المشتركة ضمن مستويين
17	(3-3) تعديل ماكينات البنزين
18	(4-3) تعديل ماكينة الديزل
18	(5-3) مخطط تحويل ماكينة الديزل الى الغاز الهجين (ديزل و غاز حيوي)
19	(6-3) إستخدام محرك الديزل في عملية التوليد الهجين (ديزل و غاز حيوي)
19	(7-3) تخزين الغاز الحيوي
19	(8-3) محرك الديزل
20	(9-3) النتائج
21	(10-3) محركات الغاز الحيوي
21	(11-3) تفاصيل تقنية

22	(12-3) توازن الطاقة
23	(13-3) الجمع بين الحرارة والقوة
23	(14-3) تبريد المحرك
23	(15-3) حساب استهلاك الغاز
24	(16-3) بعض نماذج محركات الغاز الحيوي
25	(17-3) التوربينات الغازية
25	(18-3) الأنواع الرئيسية لمحركات الاحتراق الداخلي
27	(19-3) التوربينات الغازية
	<b>الفصل الرابع</b>
30	(1-4) تجربة إنتاج الغاز الحيوي
34	(2-4) نمذجة ومحاكاة المولد التزامني
35	(3-4) مكونات دائرة النمذجة
37	(4-4) تشغيل وعمل المولد التزامني
	<b>الفصل الخامس</b>
46	(1-5) الخلاصة
46	(2-5) التوصيات
47	(3-5) المراجع

## فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول
5	(1-2) خواص المخلفات المنتجة من الحيوانات المختلفة
6	(2-2) الخواص التقريبية للمخلفات الحيوانية
8	(3-2) معدلات إنتاج الغاز من المخلفات الحيوانية
10	(4-2) كميات المواد المطلوبة لإنشاء الهاضم
20	(1-3) مواصفات المولد كوبوتا
45	(1-4) مقارنة بين قيم الإدخال

## فهرس الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل
7	(1-2) تأثير ظروف التشغيل على معدلات إنتاج الغاز
9	(2-2) وحدة إنتاج غاز حيوي
12	(3-2) حفرة المخمر
12	(4-2) القاعدة الخرسانية
12	(5-2) بناء جسم المخمر
13	(6-2) تثبيت أنابيب الدخول والخروج
13	(7-2) الفتحة العلوية للمخمر
14	(8-2) ماسورة توجيه الغاز
14	(9-2) حامل خزان الغاز
15	(10-2) اسطوانة خزان الغاز
15	(11-2) تثبيت خزان الغاز على المحور
16	(12-2) حجرة الدخول
16	(13-2) حجرة الخروج
16	(14-2) إنتاج الغاز
18	(1-3) مخطط تعديل ماكينة الديزل إلى الغاز الهجين ( غاز حيوي وديزل )
20	(2-3) محرك ديزل كوبوتا
21	(3-3) جهازي قياس التردد والجهد
21	(4-3) الاستهلاك عند إستخدام ديزل نقي
21	(5-3) الاستهلاك عند استخدام مخلوط الديزل والغاز الحيوي
24	(6-3) محرك غاز وستنجهوس
24	(7-3) محرك غاز عادي 1905 للشركة الوطنية 36 حصان
24	(8-3) محرك غاز هارتوب
25	(9-3) محرك غاز كروسلي إسطوانه واحدة 4.5 حصان
25	(10-3) محرك ترددي ثنائي الأشواط
26	(11-3) محرك ترددي رباعي الأشواط
26	(12-3) محرك وانكل
27	(13-3) توربين غازي نوع GE ذات قاعدة أرضية
28	(14-3) التوربين الغازي مزدوج المحاور
28	(15-3) تكوين مولد الغاز مع توربين القدرة
29	(16-3) دورة مركبة أحادية المحور
29	(17-3) دورة مركبة ثنائية المحور
29	(18-3) التوربينات الغازية ذات الدورة المغلقة
31	(1-4) هاضم لا هوائي من المواد المحلية

32	(2-4) هاضم لا هوائي محسن
33	(3-4) عداد لقياس ضغط الغاز
34	(4-4) نمذجة ومحكاه المولد ألتزامني الهجين
35	(5-4) معادلات دخل الغاز
36	(6-4) نمذجة الإثارة
38	(7-4) قيمة دخل الغاز $W_m$
38	(8-4) قيمة خرج القدرة الميكانيكية $P_m$
39	(9-4) قيمة الجهد الميداني لنظام الإثارة $V_f$
39	(10-4) قيمة الجهد الطرفي لنظام الإثارة $V_t$
40	(11-4) قيمة إشارة خرج الجهد (ASM V)
40	(12-4) قيمة إشارة خرج المحرك ألتزامني (IS abc)

الفصل الأول

خطة البحث

# الفصل الأول

## خطة البحث

### 1-1 المقدمة :

دخلت مسألة الطاقة القرن الحادي والعشرين محملة بأعباء الماضي، فقد تزايد الطلب على الطاقة في كل أنحاء الكرة الأرضية، وشمل كل النشاطات البشرية، ووجدت الحكومات نفسها أمام مشاكل عميقة كتأمين مصادر الطاقة الكافية وخفض كلفة الطاقة المتوفرة. للوصول للأمن الطاقة لضمان الاستمرار والاستقرار الصناعي والزراعي.

لذا كان لزاما تطوير الطرق التقنية لتوليد مصادر طاقة من مصادر متجددة مثل طاقة الرياح، وطاقة المد والجزر، والطاقة الكهرومائية وكذلك طاقة الوقود الحيوي.

وفي هذا البحث تم التطرق بالتحديد للطاقة الحيوية وتقنيات توليدها وإنتاجها والاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية.

الوقود الحيوي هو كل أشكال الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية منها، بعد عملية تحويل الكتلة الحيوية ( مخلفات الكائنات الحية عموما ) إلى طاقة وذلك عن طريق تقنيات التخمر اللاهوائي المختلفة وتتوفر ظروف معينه ملائمة يتما لتحصل على الغاز الحيوي وهو عبارة عن مخلوط غازي يتكون من (60%-75%) من غاز الميثان، و(24%-39%) ثاني أكسيد الكربون 1% من كبريت الهيدروجين وبخار ماء.

ثم تأتي الاستفادة من الكتلة الحيوية في توليد الطاقة الكهربائية بطرق مختلفة من حيث التكلفة التشغيلية ومن حيث كمية القدرة المطلوبة من المنظومة، ولكن يظل مبدأ العمل واحدا في كل طرق الإنتاج وهو تحويل الطاقة الكيميائية للغازات القابلة للاحتراق إلى طاقة ميكانيكية في نظام احتراق محكم بواسطة محرك حراري، ثم تعمل هذه الطاقة الميكانيكية على تنشيط المولد لإنتاج الطاقة الكهربائية، وأكثرها استخدام وشيوعا هي محركات الاحتراق الداخلي والتوربينات الغازية ومحركات الاحتراق الخارجي، ولكن تعد محركات الاحتراق الداخلي الأكثر شيوعا وشعبية نظرا لكفاءتها العالية مقارنة بالتوربينات الغازية.

## 2-1 مشكلة البحث:

تزايد الطلب على الطاقة الأولية بين عامي 1994 - 2019 بنسبة 41% مع نمو بمعدل 1.5% سنويا بسبب التطورات الصناعية والإنشائية التي شهدها العالم حيث أن جميع الصناعات ومظاهر النمو الاقتصادي أساسها وعمودها الفقري هو الكهرباء، وتوليد الكهرباء هو عملية تحويلية للطاقة من شكل إلى آخر، مما أدى إلى شح واضح وندرة في مصادر الطاقة غير المتجددة الأمر الذي يهدد عجلة التقدم والنمو في أي بلد، الأمر الذي جعل الحكومات تتجه نحو الطاقات المتجددة لضمان أمنها واستقرارها الاقتصادي.

## 3-1 أهمية البحث:

الطاقات المتجددة سواء كانت الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح أو طاقة المد والجزر أو الطاقة الحيوية جميعها ثبت نجاحها كمصادر بديلة للطاقة وفقاً للعديد من الأبحاث والتجارب، حيث يعتبر الغاز الحيوي من أهمها وأكثرها استخداماً لتكلفتها لتشغيلية المنخفضة مقارنة بغيره من المصادر المتجددة الأخرى، باستخدام الغاز الحيوي عن طريق التقنيات المختلفة للتخمير تتحصل على طاقة كهربائية نظيفة كما تكمن الفائدة أيضاً في تقليل الإنبعاثات الكربونية الضارة الناتجة من النفايات والمخلفات الحيوانية والأدمية وغيرها نتيجة عملية التخمير من أهم الفوائد أيضاً توطين هذه العملية في الأرياف والمناطق النائية والتي غالباً ما تتمتعن تربية المواشي الأمر الذي يجعلها بيئة مناسبة من حيث توفر الوقود وتوفر الحاجة إلى الطاقة حيث إنها غالباً ما تكون خارج نطاق الشبكة القومية

## 4-1 أهداف البحث:

يهدف البحث إلى توطين ثقافة التكنولوجيا الحيوية عموماً والاستفادة المثلى من الفضلات والمخلفات الحيوانية والزراعية عن طريق الهواضم اللاهوائية لتخميرها واستخراج الغاز الحيوي منها ومن ثم استخدام هذا الغاز لإنتاج وتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق التوربينات الغازية التي تدور بتأثير دفع الغاز ثم يدور معها المولد التزامني منتجا للطاقة الكهربائية أو عن طريق استخدام محركات الاحتراق الداخلي.

## 4-1 آلية البحث:

تمت نمذجة مفاعل الغاز الحيوي مولد التزامني ودراسة السلوك رياضياً وبرمجياً ومحاكاته لنظام

الشبكة

الصغيرة باستخدام برنامج MATLAB/ SIMULINK للحصول على النتائج وتحليلها ومعالجتها حتى  
يمكن التحصل على التشغيل والتوليد الأمثل.

## الفصل الثاني

### إنتاج الغاز الحيوي

## الفصل الثاني

### إنتاج الغاز الحيوي

#### 1-2 مقدمة :

يُنتج الغاز الحيوي من هضم المخلفات العضوية بمعزل عن الهواء (الهضم اللاهوائي) ويتم تحليل المواد العضوية بتأثير العديد من الكائنات الحية الدقيقة، لذلك يمكن استخدام المواد العضوية المختلفة لهذا الغرض مثل المخلفات الأدمية والحيوانية والزراعية وغيرها. ويختلف نوع الجهاز المستخدم في إنتاج الغاز الحيوي تبع العوامل كثيرة منها حجم الإنتاج ودرجة الحرارة والتركيز ونوع المادة المستخدمة في عملية الهضم.

وحدة إنتاج الغاز الحيوي البسيطة عبارة عن منشأ ذي حجم مناسب للهضم وتصميم خزان مناسب لتجميع الغاز المنتج.

#### 2-2 تحديد حجم الهاضم :

يعرف حجم الهاضم بالسعة أو بالحجم الفعال للمحلول الذي يمكن استيعابه في الوحدة ويرتبط تحديد حجم الهاضم بعوامل كثيرة أهمها:

- الكمية المتاحة من المخلفات العضوية ونوعها.
- درجة حرارة الجو ودرجة حرارة الهضم.
- حجم الطلب من الغاز الحيوي.

ولتوضيح طريقه تحديد الهاضم فأنا نفترض أن الحظيرة تتصل بالهاضم ويتم تحديد الكميات المتاحة من المخلفات بالاستعانة بالجدولين (1-2) (2-2) مع افتراض نسب للكمية التي يمكن تجميعها والتي ترتبط بنمط تربية الماشية وزمن بقائها بالحظيرة، يتراوح عادة تركيز المحلول بين 8-10 % من المواد الصلبة.

حجم التغذية اليومية = حجم المخلووط بعد التخفيف إلي التركيز 8-10%.

## 3-2 زمن البقاء في الهاضم :

هو الزمن الذي تقضيه المادة العضوية قبل أن تخرج من ناحية وحدة الإخراج ويعتمد زمن البقاء في الهاضم والحصول على أقصى كمية ممكنة من الغاز علي :

- درجة الحرارة
- نوع المادة العضوية
- نوع الهاضم المستخدم

أي انه كلما انخفضت درجة الحرارة عن درجة الحرارة المثلى للهضم (35c°) يتطلب ذلك إطالة زمن البقاء حتى يمكن هضم المادة العضوية كما ان نوع المادة المستخدمة أيضا تؤثر في زمن البقاء حيث أن روث الدواجن يحتاج زمن اقصر من روث الماشية

### الجدول (1-2) خواص المخلفات المنتجة من الحيوانات المختلفة

الحيوان	وزن الحيوان كجم	حجم المخلفات الكلي لتر/يوم	نسبه الروث في المائة	نسبه البول في المائة	نسبه المخلفات اليومية إلى الوزن الحي للحيوان في المائة
بقر حلوب	450	30.40	70	30	7.2
عجول تسمين	450	27	70	30	6
أغنام	30	2.3	66	34	7.5

10	55	45	8.5	45	خنازير
2	80	20	1.4	68	إنسان

الجدول (2-2) الخواص التقريبية للمخلفات الحيوانية

نوع المخلف	الوزن الحي كجم	كمية الروث الطازج كجم/حيوان *يوم	نسبة الرطوبة في المائة	كمية الروث الجاف كجم/حيوان *يوم
أبقار فريزيان	400	20	84-80	4
أبقار محليه	300	12	84-80	2.4
ماعز	20	0.75	68	0.24
جمال	300	12	75	3

- يوضح الشكل (1-2) معدلات إنتاج الغاز من الهواضم عند درجات الحرارة المختلفة ويستخدم أزمدة بقاء (38.4 و 57.5 و 95) يوما ويمكن استخدامه كدليل لتحديد كمية الغاز الممكن إنتاجه من الروث حسب الظروف المختلفة.

حجم الهاضم = حجم التغذية اليومي (م 3/يوم) \* زمن البقاء (يوم)

## 1-2 مثال:

لدى أسرة مزارع أربع بقرات كبيره تقضي كل الوقت في الحظيرة وهناك رغبه لاستخدام الهاضم كوسيلة صرف صحي للمرحاض والحظيرة ومتوسط درجة الحرارة 25 درجة مئوية.

المخلفات :

$$\text{روث} = 12 \times 4 = 48 \text{ كجم رطب} = 9.6 \text{ كجم جاف} .$$

$$\text{مخلفات آدميه} = 0.3 \times 5 = 1.5 \text{ كجم رطب} = 0.3 \text{ كجم جاف} .$$

$$\text{الجملة} = 9.9 \text{ كجم} .$$

علي افتراض إن تركيز التغذية = 8% ماده صلبه

$$\text{حجم التغذية اليومية} = 9.9 \times 100/8 = 123.75 \text{ لتر}$$

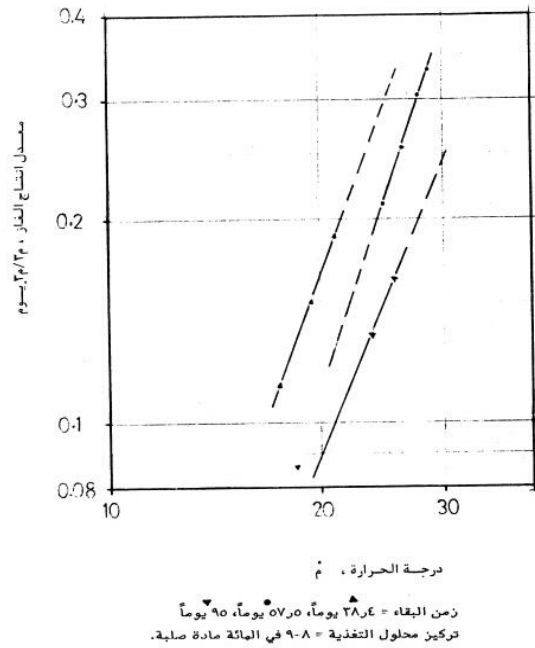
وبافتراض إن زمن البقاء حوالي 40 يوما (38.4 يوما)

$$\text{حجم الهاضم} = 38.4 \times 0.12375 = 4.764 \text{ م}^3$$

وباستخدام الشكل (1) فعند درجة حرارة 25 درجة مئوية

وزمن بقاء حوالي 40 يوما يكون معدل إنتاج الغاز 0.3 م<sup>3</sup>/3م في اليوم .

$$\text{إنتاج الغاز} = 4.764 * 0.3 = 1.429 \text{ م}^3 \text{ في اليوم}$$



الشكل (1-2) تأثير ظروف التشغيل على معدلات إنتاج الغاز

## 4-2 تحديد سعة خزان الغاز:

حجم خزان الغاز الفعال هو حجم التخزين الفعلي للغاز وترتبط سعة خزان الغاز بكمية الإنتاج ونمط الاستهلاك اليومي للغاز ، حيث إن الخزان يقوم بتخزين الغاز المنتج في ساعات عدم الاستخدام وعلى ذلك فان حجم الخزان يجب أن يسمح بتخزين جميع الكميات المنتجة خلال فترة الانقطاع عن التشغيل اليومي .و في الحالات أكثر شيوع استخدم الغاز عدة مرات خلال فترة النهار ثم يتوقف الاستهلاك طوال فتره الليل وعلى ذلك فان حجم الخزان في أغلب الحالات يجب ان يسمح بتخزين الغاز المنتج خلال فتره الليل التي يمكن تقديرها بحوالي 12 ساعة يوميا أي أن:

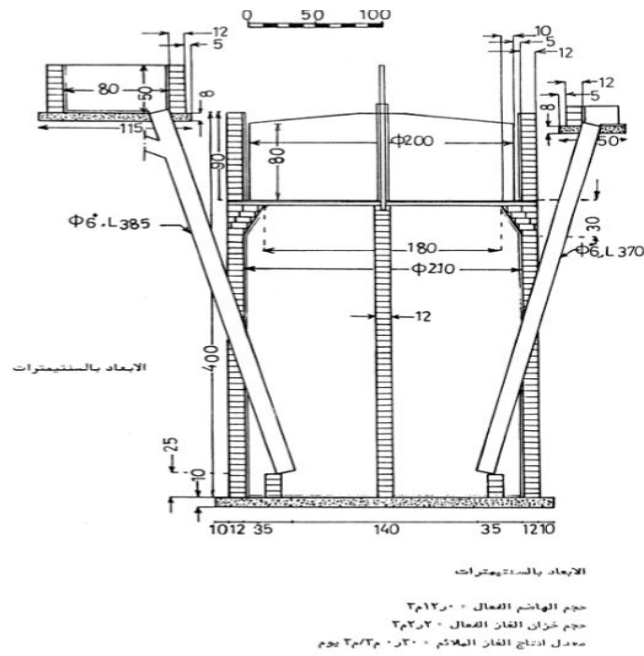
$$\text{حجم الغاز الفعال} = 24/12 = 2/1 = \text{حجم الإنتاج اليومي من الغاز} .$$

وعلى ذلك يتم تصميم الأجهزة الصينية (المضغوطة بالماء ) بحيث تستوعب 50 % من الإنتاج اليومي من الغاز، ويكون تصميم الأجهزة الأخرى ذات الخزان الطافي على أساس طاقه تخزينية تعادل 60%

أو أكثر نظرا لسهولة التنفيذ عمليا .

الجدول (3-2) معدلات إنتاج الغاز من المخلفات الحيوانية

نوع المخلف	نسبة تحويل المادة العضوية %	معدل إنتاج الغاز بالنسبة للمادة العضوية المهضومة م <sup>3</sup> /كجم
روث بقر	30	0.8
روث خنازير	50	1.1
روث دواجن	60	0.6



الشكل (2-2) أعلاه يمثل وحدة إنتاج غاز حيوي .

## 5-2 تصميم شبكة نقل الغاز :

يتم نقل الغاز باستخدام مواسير من الحديد المجلفن أو البولي فينيل كلوريد ويتم ذلك تحت ضغط الغاز في الهاضم أو باستخدام ضغط خارجي وعادة يتم باستخدام ضغط الغاز في الهاضم والذي يكون حوالي 10سم.

### 1-5-2 العوامل التي يجب توافرها لتصميم شبكة نقل الغاز :

- أن ينقل الغاز إلى مناطق الاستخدام بالكميات المناسبة .
- ألا تتجمع بالخط مياه مكثفه بحيث تؤثر على سريان الغاز .
- ألا يسمح الخط بمرور عكسي للهب هذا يستدعي تزويد الخط بمصائد لهب .

## 6-2 تصميم هاضم صغير نموذج هندي يناسب مزرعة بثلاث أبقار :

### 1-6-2 تصميم المخمر :

بفرض أن مزرعة تحتوي على ثلاث بقرات ويمكننا أن نجعل معظم ما تطرحه من روث حيث تطرح البقرة يومياً 20 كجم (مايقدر ب50كجم وسطياً) وتختلف الكمية حسب نوع الأبقار والعلف المستخدم من الفضلات بتركيز 20% ماده صلبة ، يجب إضافة الماء إلى الروث لتخفيض الكثافة إلى 10% أي بزيادة حجم التغذية اليومية إلى الضعفين وهو ما يقارب 100L زمن البقاء حوالي 40 يوماً بالتالي يكون حجم المخمر الفعال.

$$100 \times 40 = 4000L = 4m^3$$

حجم الغاز الناتج يومياً عن كل 1m<sup>3</sup> من الفضلات بالتخمير المعتدل هو

$$0.3m^3/day \text{ وبالتالي ينتج من هذا المخمر يومياً } 4 \times 0.3 = 1.2m^3 = 1200L$$

حجم حجرة الدخول تساوي حجم التغذية اليومية  $V_i = 100L$  وتزود بألية للخلط.

نصف قطر المخمر يمكن حسابه من العلاقة  $V = \frac{2}{3}\pi r^3$  حيث حجم المخمر  $V = 4m^3$  وهو في هذه الحالة

$$r = 1.3m \text{ بحدود}$$

حجم حجرة الخروج يتفاوت بحسب الزمن المقدر للتفريغ حيث إن الكمية الناتجة يوميا تساوي الكمية الداخلة ومن أجل عشرة أيام يكون  $V_o=10 \times 100=1000L=1m^3$ .

حجم حجرة الغاز يساوي أو يزيد بقليل لحجم إنتاج الغاز اليومي على افتراض إن استهلاك الغاز يتم بشكل مباشر  $V_g=1.2 \times \pi \times 0.6^2=1.36m^2$

#### جدول (4-2) كميات المواد المطلوبة لإنشاء الهاضم

م	المواد	الوحدة	الكمية
1	حجر قرميد يتحمل 10كجم/سم <sup>2</sup> بأبعاد 10x12x24	حجر	500
2	بلوك 10x20x40	بلوكة	160
3	أسمنت بورتلندي	Kg	1500
4	رمل	m <sup>2</sup>	5
5	حصى نظيف	m <sup>2</sup>	5
6	حديد تسليح	Kg	50
7	حديد صاج 3mm(خزان الغاز)	Kg	200
8	حديد زوايا	Kg	50
9	ماسورة حديد 3in	M	1.5
10	ماسورة حديد 2.5in	M	1.5
11	أنبوب 8in (p.v.c)	M	6

5	Kg	سيليكات الصوديوم	12
---	----	------------------	----

## 2-6-2 خطوات التنفيذ:

- حفر حفرة يمكن أن تكون دائرية بقطر 3m وأرتفاع 2.5m وتفرش قاعدتها بالحصى .



الشكل (2-3) حفرة المخمر

- توضع شبكة من حديد التسليح ويمد فوقها الأسمنت بسمك 10cm .



الشكل (2-4) يمثل القاعدة الخرسانية

- بناء جسم المخمر على شكل قبة كروية بقطر 260cm من القرميط .



الشكل (2-5) بناء جسم المخمر

- تثبيت أنابيب بلاستيكية بقطر 8in للدخول على ارتفاع 80cm وللخروج على ارتفاع 40cm.



الشكل (2-6) تثبيت أنابيب الدخول والخروج

- نترك فتحة علوية بقطر 80cm وتضع الطينة على كامل المخمر من الداخل والخارج .



الشكل (7-2) الفتحة العلوية للمخمر

- يثبت وسط الفتحة ماسورة بقطر 2.5in وطول 150cm لتوجيه حركة الغاز .



الشكل (8-2) ماسورة توجيه الغاز

- إنشاء الجزء الأسطواني الحاضن لخزان الغاز .



الشكل (9-2) حامل خزان الغاز

- يصمم خزان الغاز بشكل أسطواني مفتوح من الأسفل بوزن نحو 250kg وقطر 120cm وطول 120cm وفي وسطه أنبوب بقطر 3in.



الشكل (10-2) أسطوانة خزان الغاز

- يوضع الخزان على المحور ويثبت بأعلاه صمام نقل الغاز.



الشكل (11-2) تثبيت خزان الغاز على المحور

- إنشاء حجرة الدخول لتسع 100L وتزود بآلية للخلط .



الشكل ( 12-2 ) حجرة الدخول

- إنشاء حجرة الخروج بحجم  $1\text{m}^3$ .



الشكل (13-2) حجرة الخروج

- يبدأ إنتاج الغاز بعد 40 يوم فيرتفع الخزان عند زيادة كمية الغاز .



الشكل (14-2) إنتاج الغاز

## الفصل الثالث

### الأدوات والتقنيات المستخدمة

## الفصل الثالث

### الأدوات والتقنيات المستخدمة

#### 1-3 مقدمة :

توجد عدة تقنيات لتحويل طاقة الغاز الحيوي إلى طاقة كهربائية، فمثلاً يمكن استخدام الطاقة الكيميائية للغاز الحيوي عن طريق الاحتراق في محرك الاحتراق الداخلي فيتم تحويل هذه الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية ويتم استخدام هذا المحرك لتدوير مولد كهربائي فتتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية .

كما يمكن استخدام العنفات الغازية التي تدور بتأثير الغاز ويدور معها المولد الكهربائي لتوليد الطاقة الكهربائية ، تعد محركات الاحتراق الداخلي أكثر شعبية وأكثر كفاءة وأقل تكلفة مقارنة مع العنفات الغازية وتكون كفاءتها أكبر في حالة التوليد المشترك للطاقة والحرارة، لأن محركات الاحتراق لا تقوم بتحويل كامل للطاقة الحرارية إلى طاقة مفيدة بل يتم فقدان حوالي نصف هذه الطاقة بشكل حرارة مبددة، ولكن عن طريق توجيه هذه الطاقة وتحويلها وذلك في محطات الدارة المشتركة مما يسبب زيادة كفاءة المحطة لتصل حتى 98% بالمقارنة مع نسبة الكفاءة 55% في المحطات التقليدية، مما يعني أننا نحتاج إلى كمية وقود أقل (غاز) للحصول على نفس الطاقة بالمقارنة مع المحطة الحرارية العادية ( محركات الاحتراق ) .

#### 2-3 يمكن توصيف عمل المحطات المشتركة ضمن مستويين :

- المستوى المنزلي ( مستوى المنشآت الصغيرة ) : تكون استطاعة النظام عادة حوالي 5 كيلو واط ، وهنا يتم توليد الكهرباء والحرارة وتغذية المنشأة ويمكن بيع الفائض من الإنتاج إلى الشبكة الكهربائية .

- المستوى الشبكي : وتكون استطاعة النظام أكثر من 5 كيلو واط وأقل من 500 كيلو واط ويتم تغذية الشبكة الكهربائية من هذه المحطات وتعمل بحيث تشكل لأحمال القاعدة من منحى الحمل ( الأحمال المنخفض ) من كهرباء وحرارة .

#### 3-3 تعديل ماكينات البنزين :

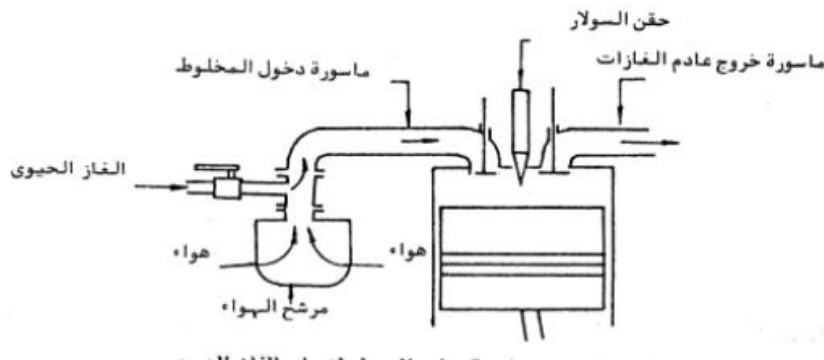
يمكن أن تعدل ماكينات البنزين لتعمل باستخدام 100% من الغاز الحيوي، وإن كان يفضل عند بدء تشغيلها استخدام البنزين للسهولة . ويتم تعديل الماكينة بتركيب وصلة للإمداد بالغاز وخط

وذلك بين مرشح الهواء والكاربرايتير، وبوصلة شبيهة بتلك المستخدمة في ماكينات الديزل ، ويتم خرطها عادة من الألمونيوم وتكلفتها زهيدة . ويتم تشغيل الماكينة على البنزين حتى تسخن ثم يغلق صمام البنزين ويفتح صمام الغاز تدريجيا ويفضل أن يكون 1:2 دقيقة حتى يكون معظم البنزين قد أستهلك وتضبط فتحة الغاز المطلوبة . ويفضل أن يتم التحويل من البنزين إلى الغاز والماكينة علي البنزين أيضا لفترة قبل إيقافها يفضل أن تزداد مركبات الكبريت من الغاز حتى لا تسبب تآكل الماكينة ولا تقل الكفاءة الماكينة عند تشغيلها على الغاز ولكن تقل القدرة وتنخفض إلى 90% وأحيانا أقل لاحتواء الغاز الحيوي على نسبة مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون .

### 4-3 تعديل ماكينة الديزل :

تعمل ماكينات الديزل بكفاءة بمخلوط الديزل والغاز وهناك ضرورة لاستخدام (10-5)% من وقود الديزل كبادئ اشتعال وعلى ذلك يمكن للماكينة أن تعمل بانتظام باستخدام 90% غاز حيوي ، ويتم تعديل ماكينات الديزل بعمل وصلة للتغذية بالغاز بين مرشح الهواء وماسورة الضغط كما هو موضح في الشكل (1-3) ويتم تشغيل الماكينة عادة بالديزل أولا حتى تسخن ثم يفتح محبس الغاز تدريجيا وبالتبعية يعمل المنظم على تقليل كمية الديزل المغذي ، وعلى ذلك فإن ماكينة الديزل يمكن أن تعمل بأي نسبة من الغاز في حدود (10-90)% غاز من الوقود الكلي ، وهو ما يعتبر ميزة حيث يمكن اختيار النسبة الملائمة لكمية الغاز المنتجة ، وعند إيقاف الماكينة يفضل إغلاق الغاز أولا ثم تركها لتعمل على الديزل لفترة قصيرة لإزالة أي آثار من أكسيد الكبريت تكون قد تكونت من احتواء الغاز الحيوي على مركبات الكبريت.

### 5-3 مخطط تحويل ماكينة الديزل إلى الغاز الهجين (ديزل وغاز حيوي) :



الشكل (1-3) مخطط تعديل ماكينة الديزل إلى الغاز الهجين ( غاز حيوي و ديزل)

### 3-6 استخدام محرك الديزل في عملية التوليد الهجين ( ديزل وغاز حيوي ) :

إستخدام الغاز المتولد من منظومة إنتاج الغاز الحيوي في القسم الثاني من البحث في تدوير المحرك الهجين ( ديزل وغاز حيوي ) .

فيجب إجراء المعالجة الكيميائية اللازمة على الغاز الحيوي والتي تتمثل في تنقية الغاز الحيوي من كبريتيد الهيدروجين الذي يتسبب في تآكل الأجزاء الداخلية لمحرك الديزل مما يزيد من تكلفة التشغيل وإجراءات الصيانة الدورية وتبعاً لذلك تقل الكفاءة ، لذا يجب تنقية الغاز من كبريتيد الهيدروجين الذي تختلف نسب تواجده في الغاز الحيوي باختلاف المواد الأولية في مكونات تغذية الأبقار ( الأعلاف ) .

#### 3-6-1 تتم عملية التنقية بطريقتين هما :

– عملية الأكسدة الجافة .

– عملية الأكسدة السائلة .

#### 3-7 تخزين الغاز الحيوي :

يكون ذلك نتيجة لانخفاض الاستهلاك في بعض الأحيان وخصوصاً في حالة وحدات المزارع حيث لا يتم بيع الفائض عادة للشبكة القومية مما يجعل من الضروري توفر الظروف الفنية والتقنية اللازمة لتخزين الغاز ، حيث يتم تخزين الغاز الحيوي النظيف بعد إزالة كبريتيد الهيدروجين عند ضغط متوسط 13.79 كيلو باسكال ، عادة ما نستخدم 10% من طاقة الغاز الحيوي نفسه في عملية ضغط الغاز ( تخزينه ) .

بعد التأكد من خلو الغاز الحيوي من مركبات كبريتيد الهيدروجين تأتي مرحلة إنتاج الكهرباء عن طريق تعديل محرك الديزل إلى النظام الهجين .

### 3-8 محرك الديزل :

نوع محرك الديزل المستخدم هو محرك الديزل كوبوتا يتم توضيح إعداد المحرك التجريبي في الشكل (3-2) كما يتم سرد مواصفاته في الجدول (3-1) .



الشكل (2-3) محرك ديزل كوبوتا  
الجدول (1-3) مواصفات المولد كوبوتا

النوع	ST-5
القدرة	5K W
الجهد	220 V
التيار	21.8 A
التردد	50 HZ
السرعة	1500 RPM
معامل القدرة	1.0

تم الانتهاء من اختبار المحرك مع نظام التبريد الخاص به ، حيث أنه لم يكن هناك تعديل على المحرك سوى تركيب خلاط غاز في بداية مجرى دخول الهواء ، تم إقران محرك الاختبار بمولد يعمل كنظام تحميل متغير ، تم استخدام أدوات ومقاييس مختلفة للحصول على القياسات المطلوبة كما تم قياس سرعة المحرك بتردد 50 هيرتز .

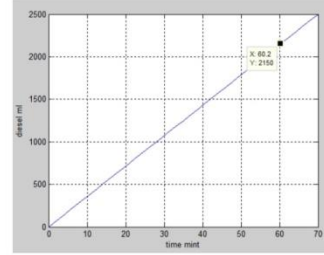
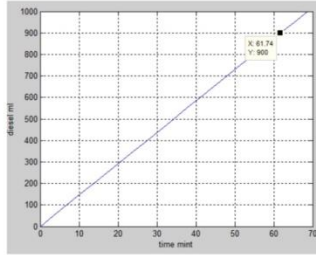
### 9-3 النتائج :

تم قياس سرعة المحرك عند 200 فولت وتردد 50 هيرتز وذلك بدلاً عن 220 فولت على تعويض الهبوط في الجهد . (AVR) لعدم عمل منظم الجهد .



الشكل (3-3) جهازي قياس التردد والجهد

الشكل أدناه يوضح العلاقة بين الوقت واستهلاك الديزل عندما نقوم بتشغيل المحرك بالديزل النقي ، وعند تشغيله بخليط من الديزل والغاز الحيوي .



الشكل(3-5) الاستهلاك عند استخدام مخلوط الديزل والغاز الحيوي

الشكل (3-4) الاستهلاك عند استخدام ديزل نقي

### 10-3 محركات الغاز الحيوي :

محرك الغاز هو محرك الاحتراق الداخلي الذي يعمل على الوقود الغازي، مثل غاز الفحم ، الغاز الطبيعي ، الغاز الحيوي.

### 11-3 تفاصيل تقنية :

#### 1-11-3 خلط الوقود والهواء:

يختلف محرك الغاز عن محرك البنزين في طريقة خلط الوقود والهواء. يستخدم محرك البنزين المكربن أو حقن الوقود لكن محرك الغاز غالبا ما يستخدم نظام فنتوري بسيطاً لإدخال الغاز في تدفق الهواء. استخدمت محركات الغاز المبكرة نظاماً ثلاثي الصمامات، مع صمامات مدخل منفصل للهواء والغاز.

### 3-11-2 صمامات العادم :

نقطة الضعف في محرك الغاز مقارنة بمحرك الديزل هي صمامات العادم ، نظرا لأن غازات عادم محرك الغاز تكون أكثر سخونة بالنسبة إلى ناتج معين ، وهذا يحد من خرج الطاقة .  
بالتالي، عادة ما يكون لمحرك الديزل من جهة تصنيع معينة أقصى إنتاج أعلى من نفس حجم كتلة المحرك في إصدار محرك الغاز.

سيكون لمحرك الديزل عموما ثلاث تصنيفات مختلفة – الاستعداد ، الأساسي ، والمستمر ، ويعرف أيضا باسم تصنيف ساعة واحدة ، وتقييم لمدة 12 ساعة ، في حين أن محرك الغاز عموما سيكون له تصنيف مستمر فقط ، والذي سيكون أقل من تصنيف الديزل المستمر.

### 3-11-3 الاشتعال:

قد استخدمت أنظمة الإشعال المختلفة ، بما في ذلك الإشعال الساخن بأنبوب وشرارة الاشتعال، معظم محركات الغاز الحديثة هي في الأساس محركات ذات وقود مزدوج ، المصدر الرئيسي للطاقة هو خليط الغاز والهواء ولكنه يشتعل بحقن كمية صغيرة من وقود الديزل.

### 3-12 توازن الطاقة:

#### 3-12-1 الكفاءة الحرارية:

عادة ما تتمتع محركات الغاز التي تعمل بالغاز الطبيعي بكفاءة حرارية تتراوح بين 35-45% اعتباراً من عام 2018، يمكن أن تحقق أفضل هذه المحركات كفاءة تصل الـ50% .  
المحركات الغازية عادة ما تكون محركات متوسطة السرعة ، تنشأ طاقة الوقود عند عمود الخرج ويظهر الباقي علي شكل حرارة مهدرة .

تعد المحركات الكبيرة أكثر كفاءة من المحركات الصغيرة ، عادة ما تكون محركات الغاز التي تعمل بالغاز الحيوي ذات كفاءة أقل (1-2%) ويقلل الغاز التخليقي من الكفاءة بشكل أول أكبر من الأخير .

عند التفكير في كفاءة المحرك ، ينبغي للمرء أن يفكر فيما إذا كان ذلك يعتمد علي قيمة المنخفضة للغاز (LHV) أو قيمة التسخين الأعلى (HHV)التسخين .

عادة ما يقتبس مصنعو المحركات الكفاءات بناء على قيمة التسخين الأعلى للغاز، أي إجمالي محتوى الطاقة قد تكون كفاءة المحرك المقتبسة بينما يكون للمحرك نفسه كفاءة

بناء على الغاز الحيوي .LHV44%

### 13-3 الجمع بين الحرارة والقوة :

يمكن استخدام حرارة رفض المحرك لبناء تدفية أو عملية التسخين في المحرك، بنشاء ما يقرب من نصف الحرارة المهذرة ( من غلاف المحرك، ومبرد الزيت، ودوائر ما بعد التبريد ) في صورة ماء ساخن يمكن أن تصل درجة حرارته إلى 110 درجة مئوية ، ينشأ الباقي على شكل حرارة عالية ، الحرارة يمكن أن تولد ماءً ساخنًا مضغوطاً أو بخاراً باستخدام مبادل حراري لغاز العادم .

### 14-3 تبريد المحرك :

هنالك نوعان من المحركات الأكثر شيوعاً هما المحرك المبرد بالهواء أو المحرك المبرد بالماء، الماء المبرد في الوقت الحاضر يستخدم مانع التجمد في محرك الاحتراق الداخلي . تحتوي بعض المحركات ( الهواء والماء ) على مبرد زيت مضاف . التبريد مطلوب لإزالة الحرارة الزائدة، حيث أن السخونة الزائدة يمكن أن تتسبب في فشل المحرك، عادة بسبب التآكل أو التشقق أو الالتواء .

### 15-3 حساب استهلاك الغاز :

توضح الصيغة متطلبات تدفق الغاز لمحرك الغاز الحيوي في الظروف العادية عند التحميل الكامل.

$$Q=P/\eta \times 1/LHV \text{ gas}$$

حيث أن :

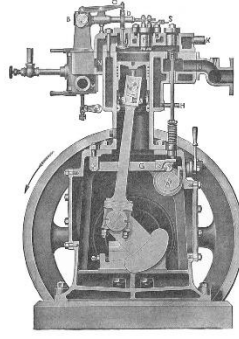
تمثل تدفق الغاز في الظروف العادية .Q

تمثل قوة المحرك .P

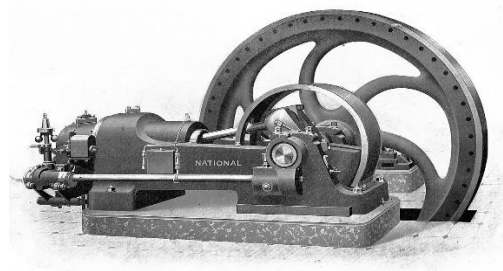
$\eta$  تمثل الكفاءة الميكانيكية .

تمثل قيمة التسخين المنخفضة للغاز الحيوي . LHV

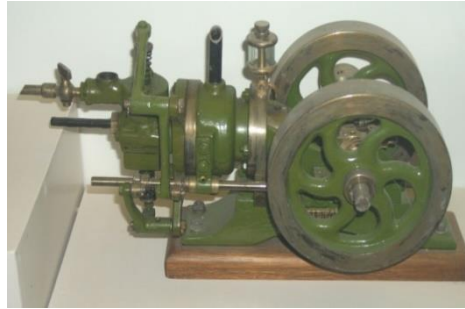
16-3 بعض نماذج محركات الغاز الحيوي :



الشكل ( 3-6 ) محرك غاز وستنجهوس



الشكل ( 3-7 ) محرك غاز عادي 1905 للشركة الوطنية 36 حصان



الشكل ( 3-8 ) محرك غاز هارتوب



الشكل ( 3-9 ) محرك غاز كروسلي أسطوانة واحدة 4.5 حصان

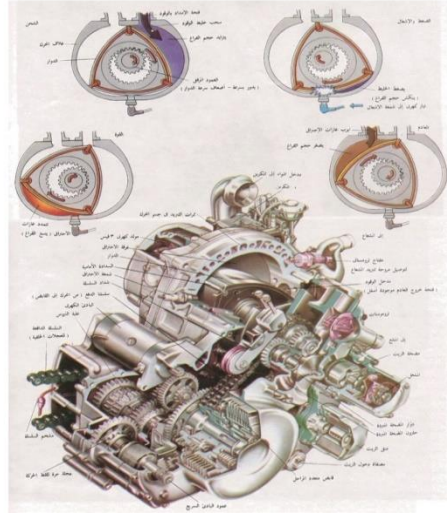


### 3-18-2 محرك المكبس الدوار (محرك وأنكل) :

في محرك وأنكل ، يكون المكبس علي شكل مثلث ، وينتج حركة دوارانية بدلا من الحركة الترددية كما هو الحال في المحركات الترددية .

المزايا الرئيسية لمحرك وأنكل هي وزنه المنخفض للغاية مقارنة مع طاقته الإنتاجية والمستوى المنخفض للضوضاء والاهتزاز . أما عيوبه الرئيسية وهي الاستهلاك العالي للوقود وارتفاع مستوى التلوث مقارنة بالمحركات الترددية .

بصورة عامة ، من الصعب جداً ( ولكن ليس من المستحيل ) صناعة وإنتاج محرك دوار يستجيب للوائح وقوانين الانبعاثات .



الشكل (3-12) محرك وأنكل

### 3-19 التوربينات الغازية :

يمكن تصنيف التوربينات الغازية على النحو التالي :

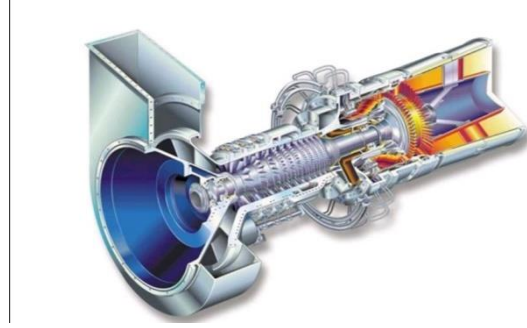
- التوربين الغازي الذي ينتج طاقة ميكانيكية لإدارة (تحريك) حمل ما (قاعدة أرضية) .
- التوربين الغازي الذي ينتج قوة الدفع المستخدمة لتحريك الطائرات .
- دورة مفتوحة أو دورة مغلقة أو دورة مركبة .

### 3-19-1 تصنيفات التوربينات الغازية ذات القاعدة الأرضية :

التوربينات الغازية ذات الدورة المفتوحة :

- التوربين الغازي أحادي المحور

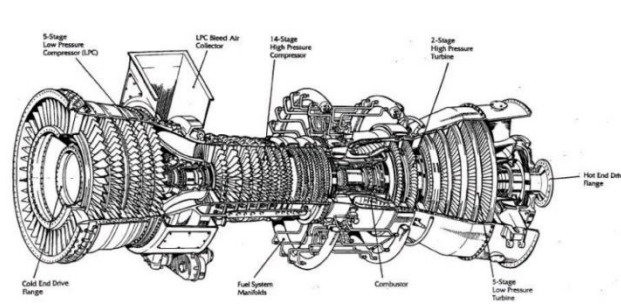
إنه أبسط تكوينات التوربينات الغازية ذات القاعدة الأرضية حيث يتم توصيل الضاغط والتوربين عن طريق نفس المحور وبالتالي يعملان بنفس السرعة الدورانية .



الشكل (3-13) توربين غازي نوع GE ذات قاعدة أرضية

• التوربين الغازي مزدوج المحاور :

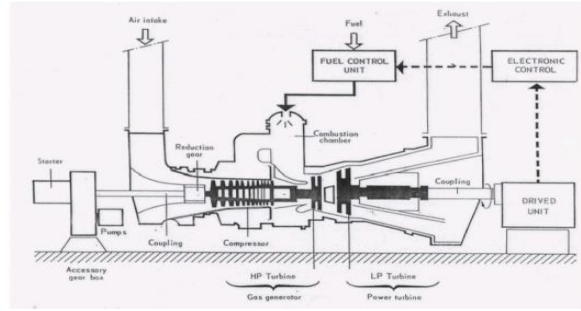
يعتبر هذا النوع من التكوينات الأكثر تعقيداً في التوربينات الغازية ، في هذا المحرك هناك اثنين من أعمدة الدوران ( المحاور ) متحدة المركز ، الأول هو محور الضغط الواطئ والأخر هو محور الضغط العالي لكن المحوران يدوران بسرعتين مختلفتين و المزايا الرئيسية لهذا التكوين هو أن عزم بدء التشغيل المطلوب لتشغيل وإدارة الماكينة يتم تقليله إلى الحد الأدنى مقارنة بأحادي المحور مع نفس الحمل نظراً لأن فقط عمود الضغط العالي بحاجة إلى الدوران ، العيب الرئيسي لهذا التكوين هو التعقيد الإضافي للتصميم والتكلفة الإضافية .



الشكل (3-14) التوربين الغازي مزدوج المحاور

### 3-19-2 مولد الغاز وتوربين القدرة :

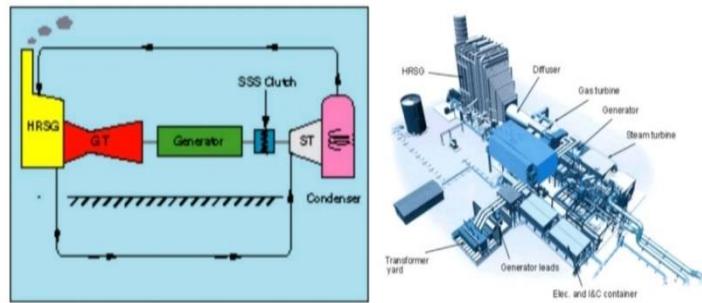
في هذا التكوين ، يتم استخدام التوربين الغازي كمولد غاز ، حيث يوفر التوربين الغازي تياراً من الغازات الساخنة التي تدير توربين القدرة والذي بدوره يدير الحمل .



الشكل (3-15) تكوين مولد الغاز مع توربين القدرة

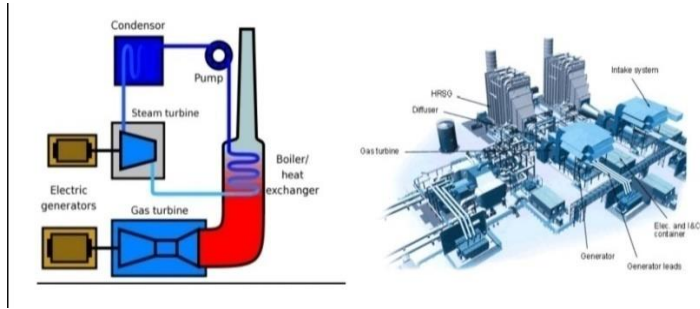
### 3-19-3 التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة :

- دورة مركبة ( مدمجة ) أحادية المحور ( توجد التوربينات البخارية والغازية على نفس المحور عبر قابض التحويل الذاتي التزامني ) .



الشكل (3-16) دورة مركبة أحادية المحور

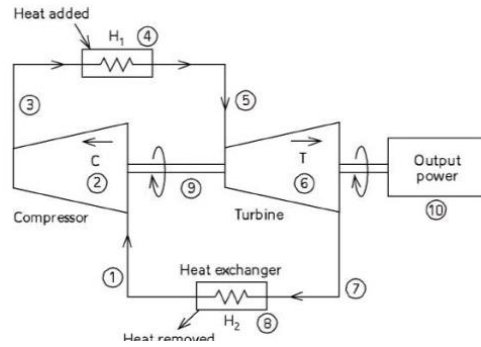
#### 4- دورة مركبة ثنائية المحور



الشكل (17-3) دورة مركبة ثنائية المحور

#### 4-19-3 التوربينات الغازية ذات الدورة المغلقة :

التوربينات الغازية ذات الدورة المغلقة ليست شائعة مثل الدورات المفتوحة ، في هذه المحركات ، مائع التشغيل الخارج من التوربين يمر عبر عملية طرح حرارة ثم إعادة تدوير الكسب ( الناتج ) كمدخل للضاغط ، ومن أمثلة موائع التشغيل المستخدمة في هذه الدورات هي الهيدروجين والهيليوم



الشكل (18-3) التوربينات الغازية ذات الدورة المغلقة

## الفصل الرابع

### تجربة إنتاج الغاز الحيوي

## الفصل الرابع

### تجربة إنتاج الغاز الحيوي

#### 1-4 تجربة إنتاج الغاز الحيوي :

تم إجراء تجربة لإنتاج الغاز الحيوي باستخدام هاضم لا هوائي صغير مصنوع من مواد أولية بدائية تتكون من :

- برميل بلاستيك سعة 120 لتر .
- كريستال بلاستيك .
- خرطوم نقل الغاز الحيوي .
- أفزاز معدنية .
- محبس للتحكم في تشغيل و إيقاف الغاز الحيوي .

تمت تغذية الهاضم بمدخلات من الكتلة العضوية (روث الأبقار) تزن ثلاث كيلوجرام حجم جاف ثم تم بعد ذلك إحلال الكتلة الصلبة عن طريق الماء بنسبة (1:1) ، ثم خلط وتقليب المخلفات العضوية بصورة تامة حتى تكتمل عملية التخفيف .

تأخذ المخلفات العضوية داخل الهاضم اللا هوائي فترة بقاء لا تقل عن أربعين يوماً و من ثم استخدام الغاز المنتج بصورة مباشرة ، تبدأ عملية تولد الغاز داخل الهاضم في فترة أقلها 25 يوماً ولكن بنسب ضئيلة جداً وبتزايد بعدها حجم الغاز المنتج .

1-1-4 حجم الغاز المتولد من هذه التجربة كان شحيح ولم تعطي مردوداً جيداً في عملية الإنتاج وذلك لعوامل كثيرة أهمها :

- 1- فتح صمام الغاز الحيوي بعد فترة ثلاثين يوماً من بدأ عملية الهضم.
- 2- احتمالية التسرب في الغاز الحيوي.
- 3- مكان الهاضم اللا هوائي يجعله معرضاً للظروف البيئية الطبيعية الأمر الذي يؤدي إلى تأخر عملية إنتاج الغاز الحيوي داخل الهاضم.

❖ هاضم لا هوائي صغير مصنوع من مواد محلية :



الشكل (1-4) هاضم لا هوائي من المواد المحلية

2-1-4 تم تحسين التجربة الأولية و الأخذ في الاعتبار كل مساوئها و عيوبها و معالجتها

حيث تم استخدام نفس حجم الهاضم اللاهوائي (البرميل البلاستيكي) لنفس حجم الكتلة العضوية المتاحة للهضم .

عمد التحسين في المنظومة إلى الإضافات التالية :

1- إضافة عداد 5 بار لحساب ضغط الغاز داخل الهاضم وذلك حتى لا يتم فتح محبس الغاز دون التأكد من ارتفاع مستوى الغاز داخل الهاضم ولحساب كمية الغاز الحيوي المنتجة لكل كيلوجرام من الكتلة الصلبة .

2- اكتمال فترة الهضم اللاهوائي (أربعين يوما) وعدم استخدام الغاز قبل هذه الفترة.

- 3- وضع الهاضم اللاهوائي بعيدا عن الظروف الجوية الخارجية وذلك عند درجة حرارة الغرفة الأمر الذي أدى إلى تولد الغاز الحيوي في الزمن الطبيعي للإنتاج (أربعين يوما).
- 4- استخدام خرطوم أفزاز معدنية أكثر كفاءة وعازليه من التسرب.

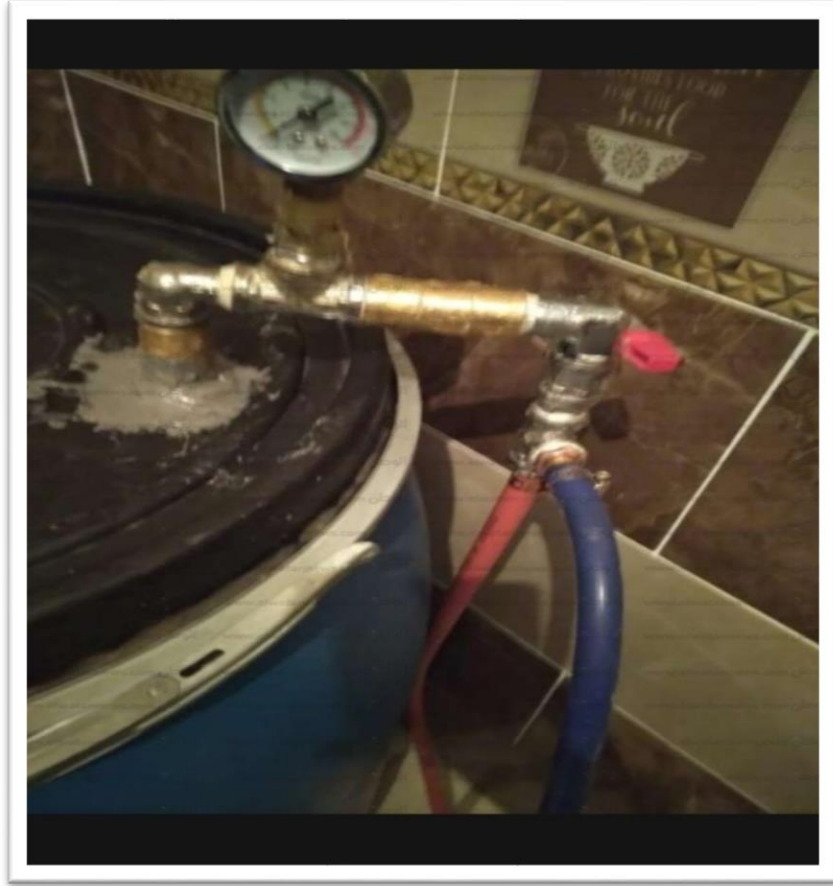
بعد انتهاء فترة البقاء داخل الهاضم تحصلنا على حجم غاز حيوي بمقدار نصف متر مربع لثلاث كيلوجرامات من الكتلة الصلبة للمخلفات العضوية .

❖ هاضم لا هوائي صغير محسن :



الشكل (2-4) هاضم لا هوائي محسن

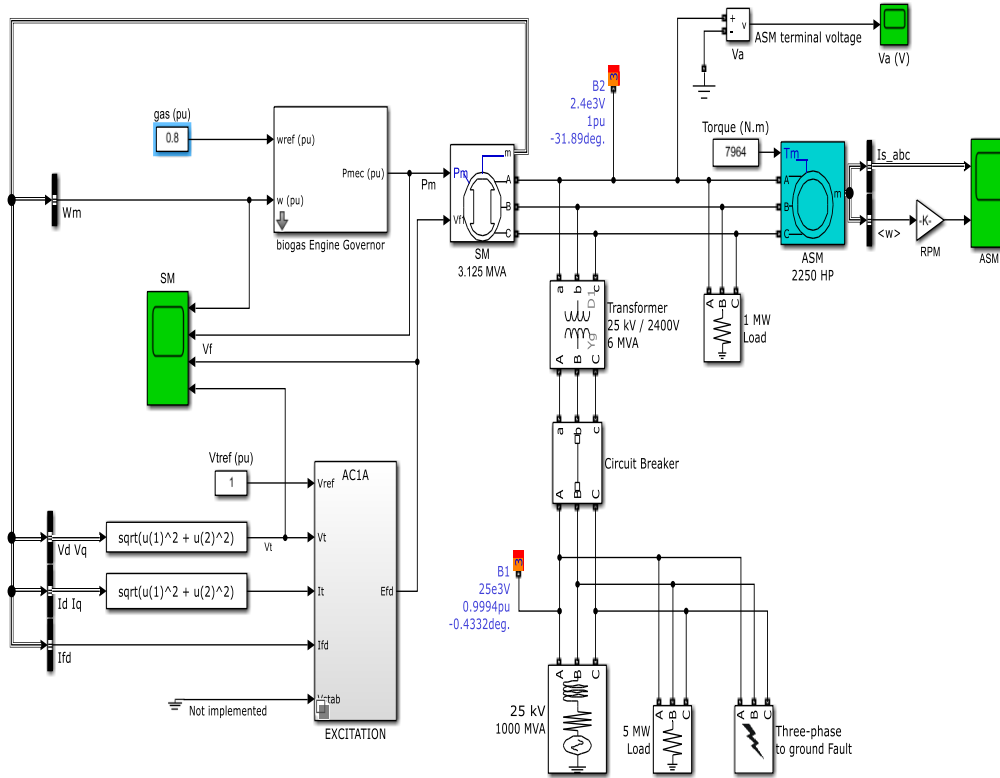
❖ عداد 5 بار لقياس ضغط الغاز داخل الهاضم :



الشكل (3-4) عداد لقياس ضغط الغاز

#### 2-4 نمذجة ومحاكاة المولد ألتزامني :

توضح الدائرة أدناه نمذجة ومحاكاة المولد ألتزامني الذي يعمل بالنظام الهجين ( الديزل والغاز الحيوي ) حيث يستخدم الديزل كبادي اشتعال .



Continuous  
powergui

#### Emergency Diesel-Generator and Asynchronous Motor

Before running this example you need to perform a Load Flow that initializes the model to start from steady-state.

?

#### شكل (4-4) نمذجة ومحاكاة المولد ألتزامني الهجين

باستخدام الغاز الحيوي الناتج من عملية الهضم اللاهوائي في توليد الطاقة الكهربائية من المولد ألتزامني وذلك عندما يعمل الغاز الحيوي على تدوير التوربين الغازي والذي بدوره يكون متصل بالمولد ألتزامني وموفرًا طاقة الحركة اللازمة لعمل المولد ألتزامني ، حيث أنه يتم التحكم في خرج المولد عن طريق التحكم في سرعة التوربين الغازي مما يعني التحكم في كمية دخل الغاز الحيوي المسلط على التوربين الغازي.

يعمل هذا المولد على تغذية مجموعة من الأحمال الكهربائية عن طريق محول جهد وقاطع كهربائي للحماية من حالات الأعطال المختلفة كحالات القصر بين الأوجه والأرض ، كما يغذي المولد أيضا محرك كهربائي

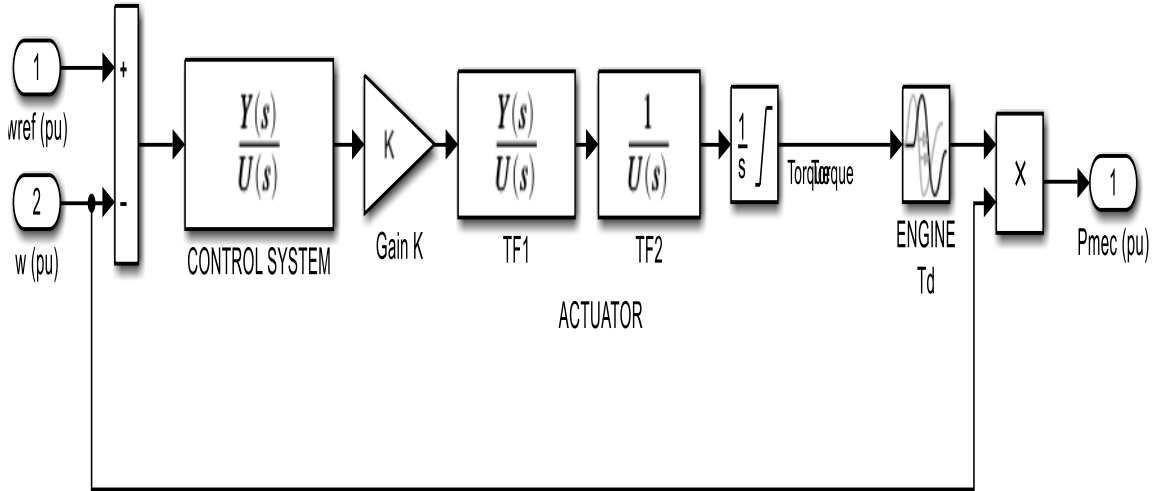
. ASM 2250 HP

### 3-4 مكونات دائرة النمذجة :

1-3-4 وحدة مفاعل الغاز الحيوي والتوربين الغازي :

وتتكون من الغاز الحيوي الذي يعمل على تدوير التوربين عن طريق تسليط زخم الغاز على ريش التوربين الغازي مسببا حركتها .

❖ دخل الغاز الحيوي محدود ما بين (1-0) pu ومعطى عن طريق المعادلة التالية :

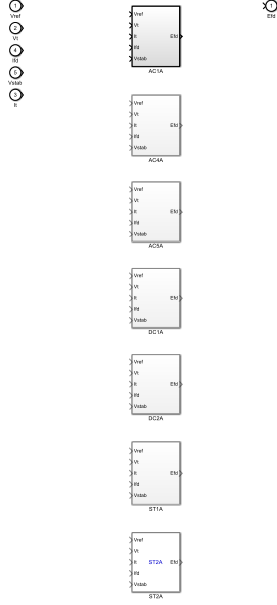


الشكل (4-5) معادلات دخل الغاز

2-3-4 نظام الإثارة (EXCITATION) :

وهو يعتبر الدخل الثاني للمولد التزامني موفرا الفيض المغناطيسي اللازم لتدوير المولد التزامني، حيث أنه كما نتحكم في المولد التزامني عن طريق كمية دخل الغاز أيضا نتحكم فيه عن طريق الإثارة زيادة ونقصان.

❖ وتعطى نمذجة الإثارة بالشكل أدناه :



الشكل (4-6) نمذجة الإثارة

#### 3-3-4 المولد التزامني :

نستخدم مولد من النوع SM 3.125 MVA

#### 4-3-4 المحرك التزامني :

نستخدم محرك من النوع ASM 2250 HP

#### 5-3-4 قيم وإشارات الخرج

يتم أخذ قيم إشارات الخرج لكل من الجهد المتولد و خرج المحرك التزامني وفقا لقيم دخل الغاز الحيوي في تلك اللحظة ، حيث نحصل على أقصى قيمة للخروج عند دخل بمقدار (1pu) للغاز الحيوي وتقل هذه القيمة عند انخفاض مستوى إنتاج الغاز الحيوي في المخمر اللاهوائي.

#### 6-3-4 التغذية العكسية :

تعمل التغذية العكسية على المحافظة على عملية التوليد الكهربائي عند قيم ثابتة لخرج المولد التزامني وذلك عن طريق التحكم في دخل الغاز الحيوي والفيض المغناطيسي تناسباً مع التغير في الأحمال الكهربائية و التغير في الحمل الميكانيكي على المحرك التزامني، حيث تعمل على زيادة

كمية دخل الغاز الحيوي في حالة الزيادة في قيم الأحمال ، وتقليل كمية دخل الغاز الحيوي في الفترات التي يقل فيها استهلاك و طلب الطاقة الكهربائية.

#### 4-4 طريقة تشغيل عمل الدائرة :

يتم في البدء ضبط قيمة دخل الغاز الحيوي على القيمة المطلوبة لعملية التوليد ، بعد ذلك يمر الغاز الحيوي بالقيمة المختارة إلى غرفة المفاعل الحيوي والتي تحتوي على التوربين الغازي الذي يعمل على إنتاج وتوليد الطاقة الميكانيكية والتي تتناسب طرديا مع كمية دخل الغاز الحيوي .

ضبط قيم الجهد الطرفي لنظام الإثارة وذلك للحصول على الفيض المغناطيسي اللازم لعملية إثارة المولد التزامني .

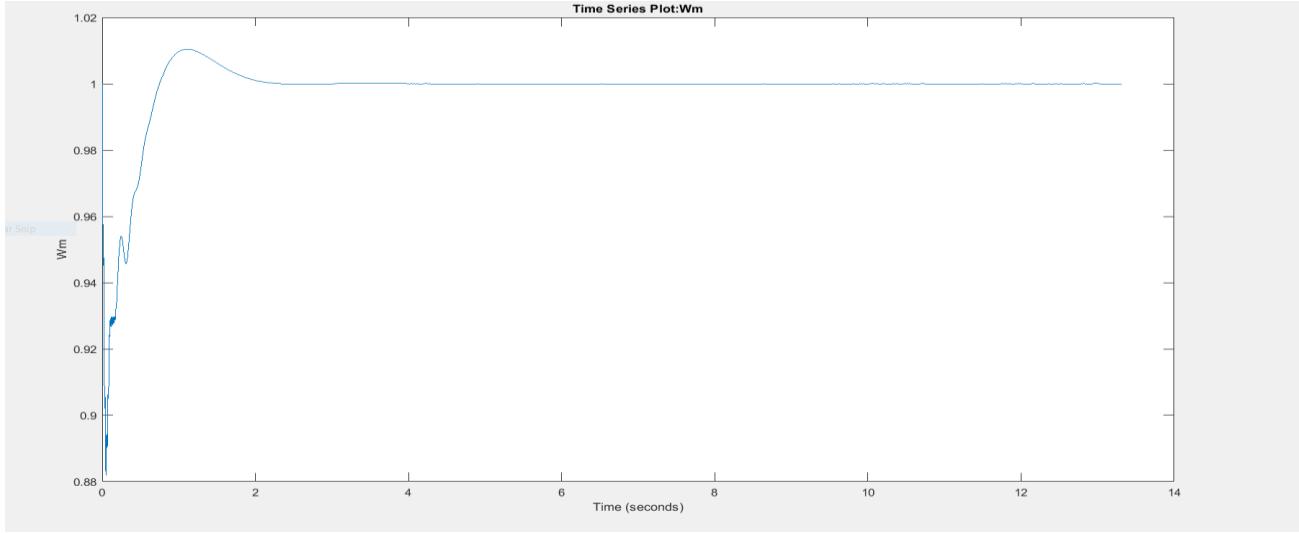
دخل المولد التزامني يمثل كل من الطاقة الميكانيكية و الفيض المغناطيسي المتساويين وذلك للحصول على التزامن المطلوب .

خرج المولد التزامني عبارة عن طاقة كهربائية ثلاثية الأوجه ، يغذي المولد التزامني مجموعة من الأحمال الكهربائية عن طريق محول الجهد والقاطع الكهربائي ، كما يغذي محرك كهربائي ثلاثي الأوجه

تمثل إشارة التغذية العكسية نظام المراقبة الأوتوماتيكي للتغير في الأحمال ، تأخذ هذه الإشارة من خرج المولد التزامني وتعمل على مقارنة قيم دخل الغاز وقيم الفيض المغناطيسي مع قيم خرج المولد.

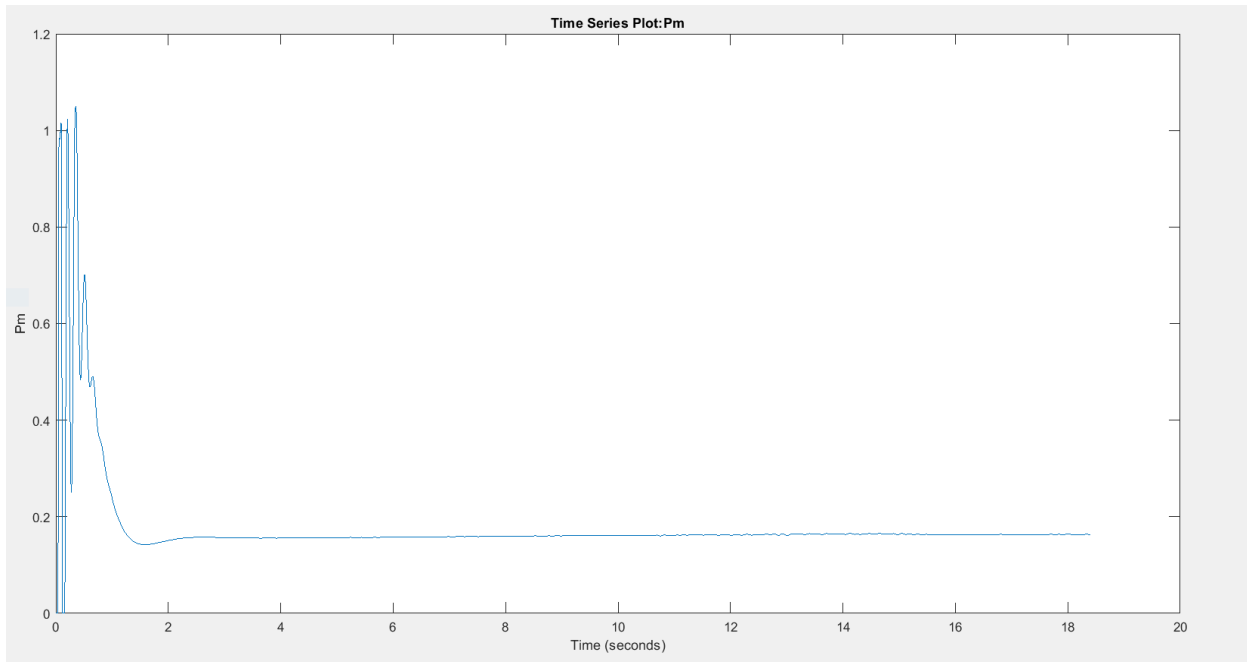
قيم و إشارات الخرج لكل من الجهد و قيم دخل الغاز الحيوي والفيض المغناطيسي تأخذ عن طريق راسم الإشارة.

#### 1-4-4 النتائج :



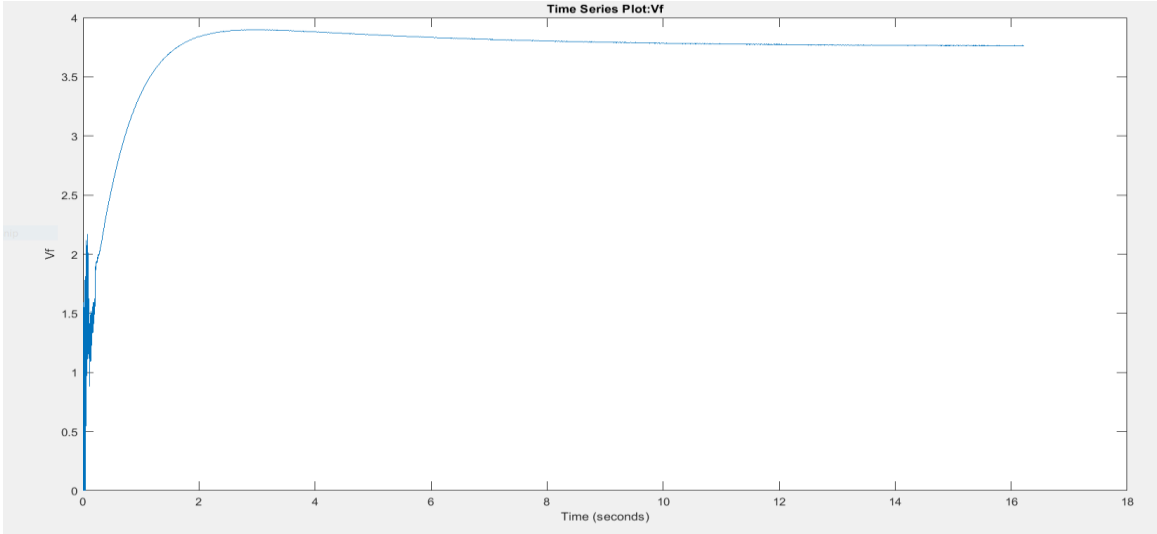
الشكل (7-4) قيمة دخل الغاز (Wm)

- عند قيمة دخل (1pu) فإن قيمة دخل الغاز (Wm) يحصل لها تشويش النقطة 1.5 ويستقر عند قيمة الدخل.



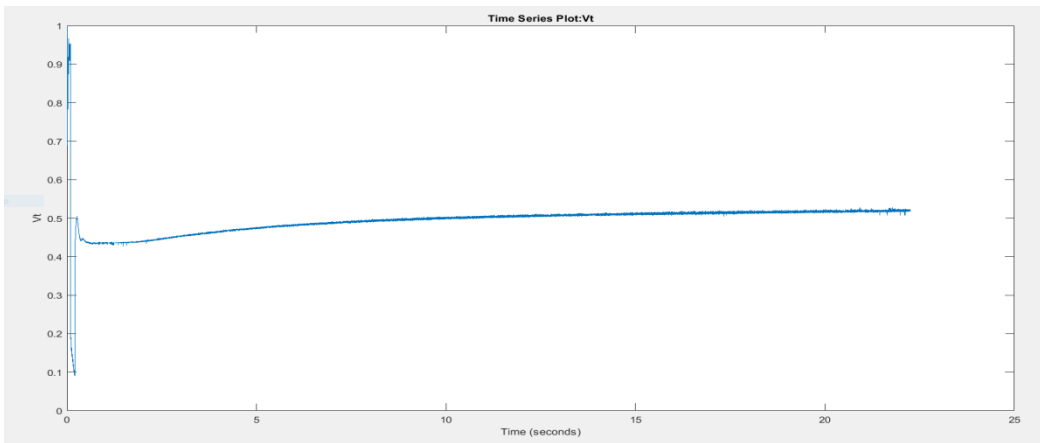
الشكل (8-4) قيمة خرج القدرة الميكانيكية (PM)

- عند قيمة دخل (1pu) فإن خرج القدرة الميكانيكية يتناقص بسبب الأحمال وتستقر قيمته عند النقطة (0.2).



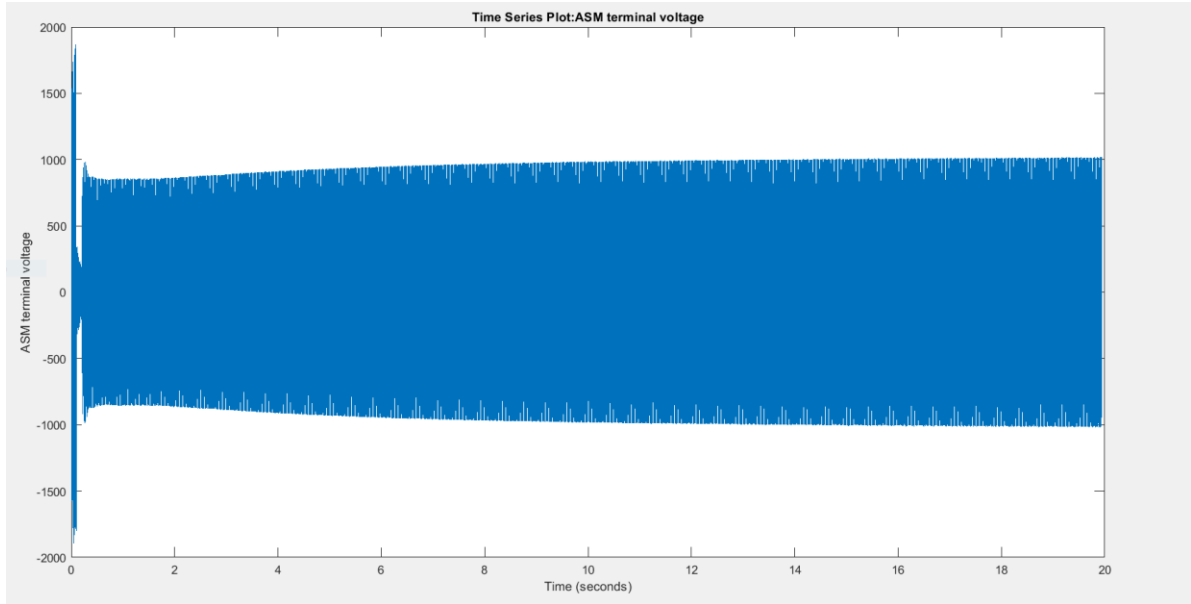
الشكل(4-9) قيمة الجهد الميداني لنظام الإثارة (Vf)

- عند قيمة دخل (1pu) فإن قيمة الجهد الميداني لنظام الإثارة يحصل لها تشوش عند النقطة (2) وتستقر عند النقطة (3.9) .

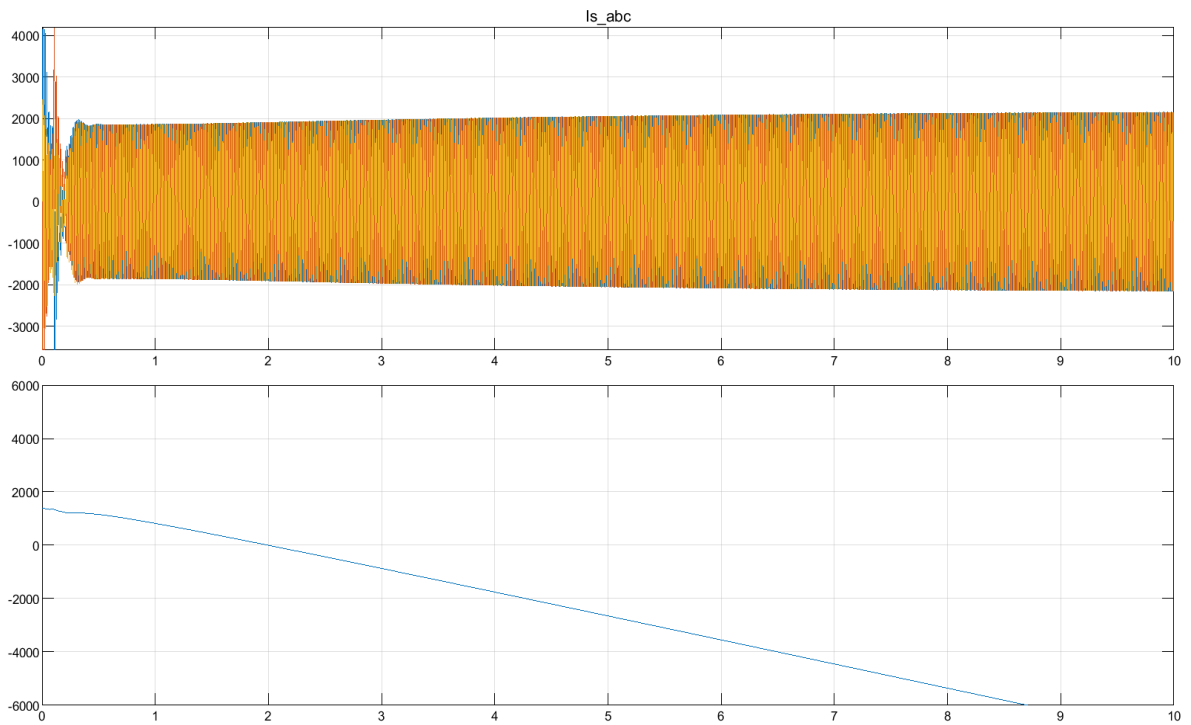


الشكل(4-10) قيمة الجهد الطرفي لنظام الإثارة (Vt)

- عند دخل (1pu) فإن قيمة الجهد عند الإطراف يحصل لها تشويش وتناقص بمقدار بسيط وتستقر عند النقطة (0.45) .

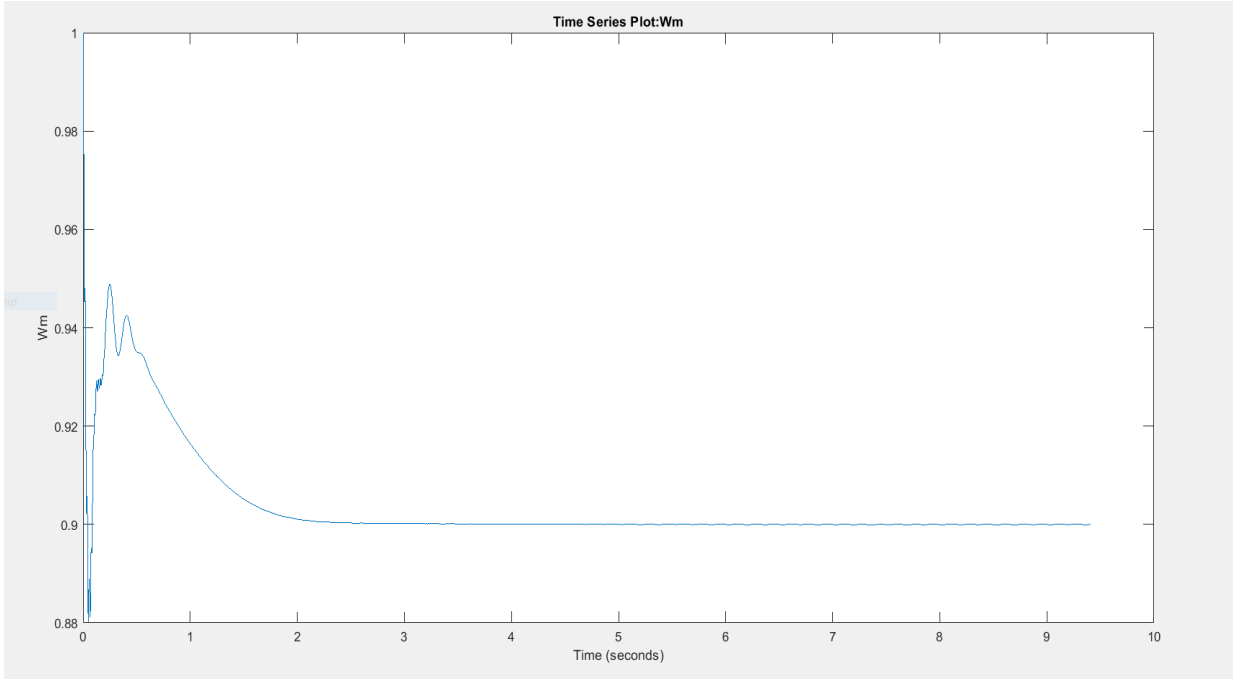


الشكل (11-4) قيمة إشارة خرج الجهد (ASM V)



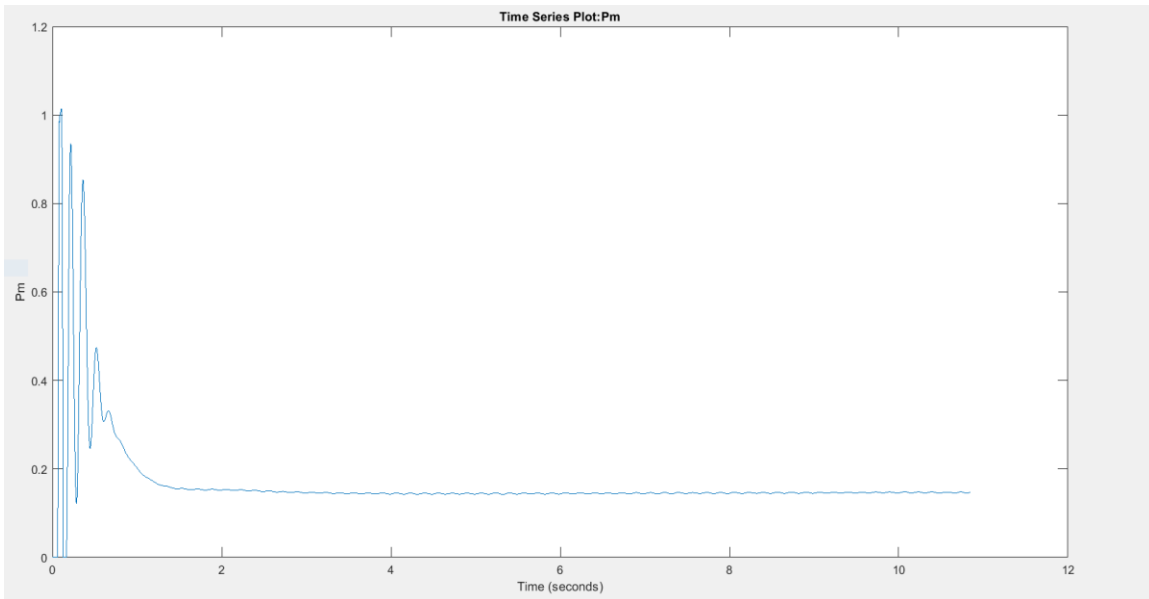
الشكل (12-4) قيمة إشارة خرج المحرك التزامني (Is abc)

## 2-4-4 النتائج :



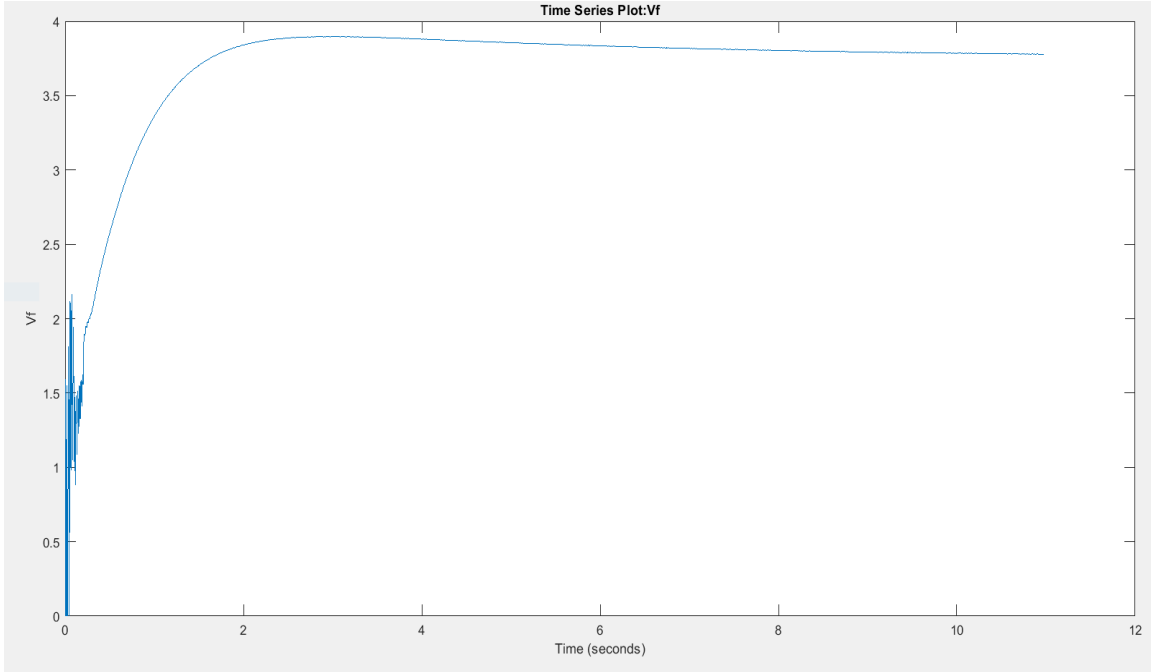
الشكل (13-4) قيمة دخل الغاز (Wm)

- عند قيمة دخل (0.9pu) فإن قيمة دخل الغاز تتشوش عند النقطة (0.94) وتستقر عند قيمة الدخل .

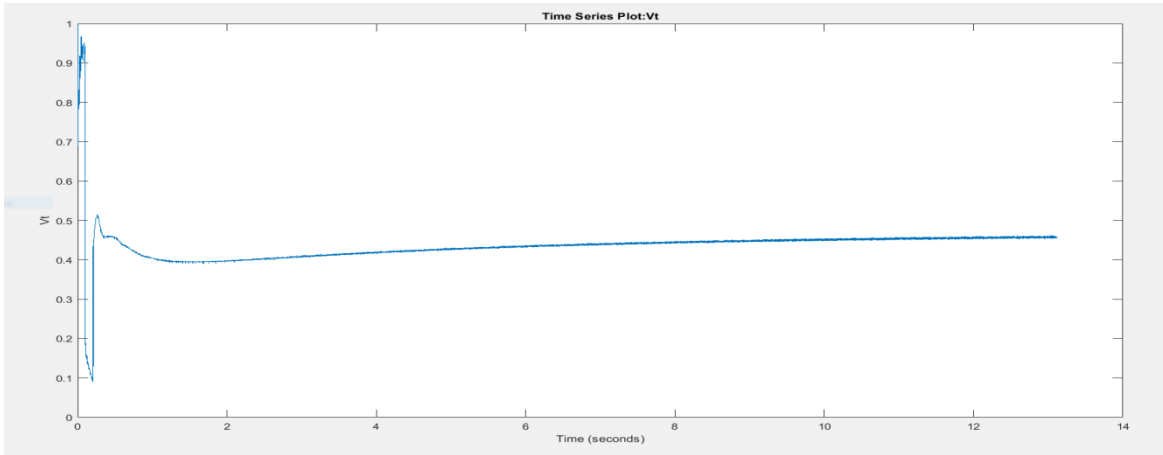


الشكل (14-4) قيمة خرج القدرة الميكانيكية (Pm)

- عند قيمة دخل (0.9pu) فإن قيمة خرج القدرة الميكانيكية يحصل لها تناقص بسبب الفقدات وتستقر عند النقطة (0.2).

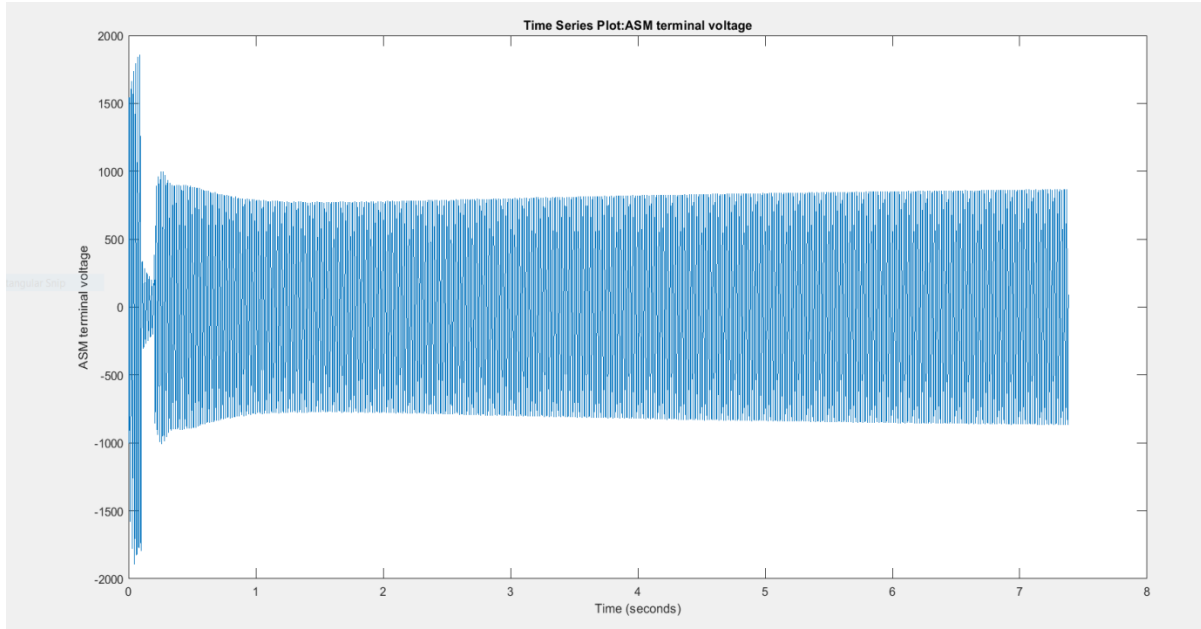


الشكل (15-4) قيمة الجهد الميداني لنظام الإثارة (Vf)

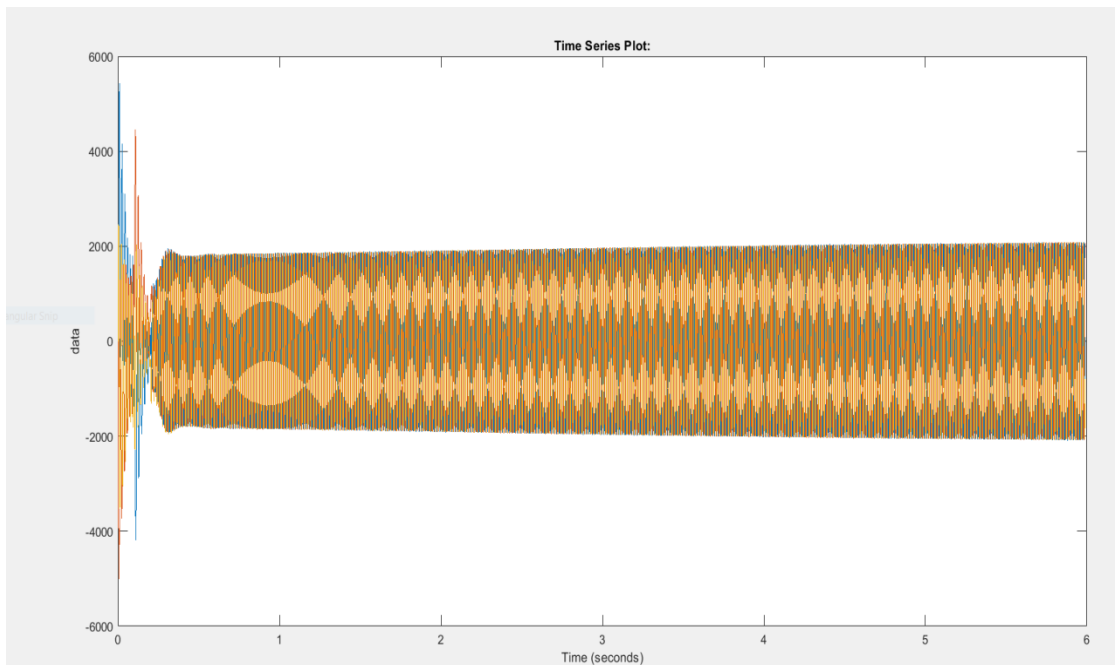


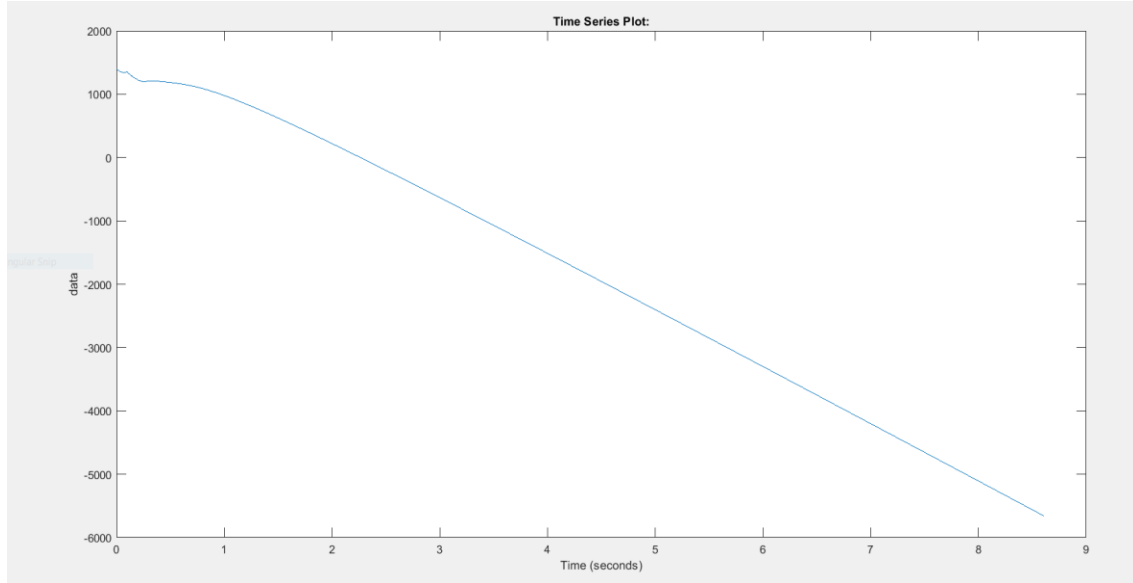
الشكل (16-4) قيمة الجهد الطرفي لنظام الإثارة (Vt)

- عند دخل قيمة (0.9pu) فإن الجهد عند الأطراف يحصل له تشوش وتناقص عند النقطة (0.5) ويستقر عند النقطة (0.4).



الشكل (17-4) قيمة إشارة خرج الجهد (ASM V)





الشكل (18-4) قيمة إشارة خرج المحرك التزامني (IS abc)

جدول (1-4) مقارنة بين قيم الإدخال

0.9pu	1pu	النتائج
0.9	1	Wm
0.16	0.2	Pm
3.8	3.9	Vf
0.4	0.45	Vt

**الفصل الخامس**  
**الخلاصة والتوصيات**

## الفصل الخامس

### الخلاصة والتوصيات

#### 1-5 الخلاصة :

بناء على الدراسات و التجارب التي تمت دراستها عن أنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الغاز الحيوي (البايوجاز) والذي حصلنا عليه عن طريق تخمير كمية من مخلفات الأبقار (الروث) ، التي تحتوي علي نسبة 75% من غاز الميثان والذي بواسطته يتم تدوير توربين غازي لتدوير مولد للحصول علي الطاقة الكهربائية المطلوبة . وتحصلنا على نتائج دقيقة من خلال الاستعانة ب (MATLAB/SAMULNK) .

#### 2-5 التوصيات :

من أجل الاستفادة القصوى في إمكانيات السودان من أجل مواكبة دول العالم في تطور طرق إنتاج وتوليد الطاقة الكهربائية يقترح مراعاة التوصيات التالية :

- 1- الدعم المادي والمعنوي وتنشيط حركة البحث في مجال الاستفادة من الغازات الحيوية .
- 2- يمكن تزويد قسم الكهرباء بأسماء المراجع المقترحة.
- 3- توفير التوربينات الغازية من قبل الدولة لتجديد وزيادة الوعي .
- 4- التشجيع على استغلال المخلفات وتوفير العوامل المساعدة لتخميرها لزيادة الدخل المادي وتعزيز الأمن الاقتصادي .

## المراجع

### المراجع العربية :

- [1] الأمين ، عادل علي صالح محمد ، تصميم وتنسيق مخمر محسن لإنتاج الغاز الحيوي ، رسالة دكتوراه ، كلية الهندسة الزراعية ، جامعة دمشق ، 2006 .
- [2] إسماعيل ، إبراهيم إسماعيل ، الطاقة البيولوجية عنصر أساسي من عناصر الطاقة المتجددة ، ورشة عمل عن المعالجة اللاهوائية للمخلفات الصلبة ، جامعة المنصورة ، 1998 .

## References :

- [1] Teodorita Al seadi, dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silk Volk, Rainer Janssen “Biogas HANDBOOK” ISBN 978-87-992962-0-0, Teodorita AL Seadi October 2008
- [2] R.J. Citol, S. Lansing and J.F.Martin, “Energy analysis of biogas production and electricity generation from small-scale agricultural digesters, “Ecological Engineering, no. 37, pp. 1681-1691, 2011.