



جامعة الشيخ عبدالله البدرى
كلية الهندسة
قسم الهندسة الكهربائية



دراسة ومحاكاة نظام نقل الطاقة باستخدام الضغط العالي للتيار
HVDC عن طريق الماتلاب Matlab المستمر

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

إعداد الطلاب :
محمد الجيلي جبارة احمد
محمد بابكر خضر بابكر
محمد يوسف العوض حمد

إشراف :
د/ أمين بابكر عبد النبي

نوفمبر 2018م

الاستهلالُ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال تعالى :

((أَمَّنْ هُوَ قَانِئٌ أَنَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَانِمًا يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُوا رَحْمَةَ رَبِّهِ
قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولَئِئَا
الَّذِينَ يَتَذَكَّرُونَ))

صدق الله العظيم

سورة الزمر الآية (8)

الإهداء

إلي الفؤاد الطاهر الذي ضخ نور الهداية في روح البشرية ...

إلي معلم الناس الخير .. المشكاة التي يأتّم بها الهداة ...

إلي رسول الإنسانية .. من أرسل رحمة للعالمين ...

سيدنا محمد ﷺ

إلي القلب الذي يفيض بالحنان والشفاء التي لا تمل الدعاء ...

إلي من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبي ...

إلي من كانت الجنة تحت قدميها ...

أمي الحبيبة

إلي المشعل الذي أنار لي الطريق وعلمني الفضيلة والأمانة ...

القلب الذي بفيض بالعطاء دون انتظار الثناء

أبي العزيز

إلي من قضينا معهم أحلى الأيام

الدفعة الثانية 2013

و إلى الذين احترقوا من اجل إن ينيروا لنا درب العلم والمعرفة

أساتذة كلية الهندسة

الشكر والعرفان

الحمد لله عز وجل الذي بنعمته تتم الصالحات والذي بلطف منه تيسرت الأمور، بكل عبارات الشكر والتقدير والامتنان نقدم شكرنا للدكتور/ أمين بابكر لما قدمه لنا من معلومات ونصائح كانت لنا بمثابة المرشد والملمهم في كل خطوة من خطوات إعداد البحث.

وكذلك نقدم الشكر للباشمهندس / عثمان محمد (الشايقي) والباشمهندس محمد عبد الحميد عبدا لله لما قدموه لنا من عون.

وأخيراً وليس آخر أقدم كل عبارات الشكر والعرفان لأسرتي الغالي والذين لم يكلوا ولم يملوا من التشجيع والدعاء. والشكراً جزله لكل من قدم لي النصيحة.

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	رقم
I	الاستهلال	2
II	الإهداء	3
III	الشكر والعرفان	4
V	فهرس المحتويات	5
VI	فهرس الأشكال	6
VII	فهرس الجداول	7
VIII	المستخلص	
1	الفصل الأول : المقدمة	8
1	1-1 تمهيد	9
1	2-1 مشكلة البحث	10
2	3-1 أهداف البحث	11
2	4-1 منهجية البحث	12
2	5-1 بنية البحث	13
3	الفصل الثاني : الاطار النظري	14
3	1-2 دواعي استخدام HVDC	15
4	2-2 منشآت ال HVDC في العالم حاليا	16
6	3-2 نبذه تاريخيه عن HVDC	17
7	4-2 مقارنة بين النقل باستخدام ال HVAC وباستخدام HVDC	18

7	1-4-2 عيوب نظام ال AC	19
8	2-4-2 عيوب نظام ال HVDC	20
10	3-4-2 مميزات نظام ال HVDC	21
12	5-2 حالات النقل بنظام ال HVDC	22
13	الفصل الثالث: مكونات وأنواع أنظمة HVDC	23
13	1-3 مكونات نظام HVDC وتحليله	24
13	2-3 طرق عمليه التحويل من نظام ال AC الي نظام ال DC والعكس	25
13	(1-2-3) طريقة المقومات الطبيعية المتبادلة	26
14	2-2-3 طريقة مقومات المكثفات المتبادلة	27
15	The VSC Commutated with high frequency 3-2-3	28
15	3-3 المكونات الرئيسة لمحطة HVDC	29
21	3-3 تحليل نظام HVDC	30
25	1-3-3 وحدة الثايرستور	31
26	4-3 أنواع أنظمة HVDC	32
26	1-4-3 ربط أحادي القطبية HVDC	33
27	2-4-3 ربط مزدوج القطبية Bipolar Link	34
27	3-4-3 Homopolar Link	35
29	Back-to-back (4-4-3)	36

29	3-5 أنواع خطوط نقل HVDC	37
32	3-6 الاعتبارات الاقتصادية لـ HVDC	38
35	3-7 الاعتبارات البيئية لـ HVDC	39
35	3-7-1 تأثيرات المجال والهالات	40
37	الفصل الرابع: المحاكاة وتحليل نظام HVDC	41
37	4-1 مقدمة	42
37	4-2 وصف النظام	43
39	4-3 معاملات النظام	44
41	4-4 تحليل أداء النظام	45
41	4-4-1 تحليل أداء النظام تحت الظروف العادية	46
44	4-4-2 أداء النظام عند إزالة أجهزة الـ Reactors	47
46	4-4-3 أداء النظام عند إزالة المرشحات Filters	48
48	4-4-4 سلوك النظام عند وجود DC fault	49
49	4-4-5 سلوك النظام عند وجود AC fault.	50
55	الفصل الخامس: الخاتمة والتوصيات	51
55	5-1 الخاتمة	52
55	5-2 التوصيات	53
55	5-2-1 التوصية الاولى	54

56	2-2-5 التوصية الثانية	55
56	3-2-5 التوصية الثالثة	56
56	4-2-5 التوصية الرابعة	57
58	المراجع والمصادر	58
59	الملاحق	59

فهرس الأشكال

رقم الصفحة	الشكل	رقم
3	(1-2) مقارنة بين أبراج HVDC و HVAC	1
9	(2-2) منظومة النقل بالجهد العالي المستمر	2
9	DC Converter Station (3-2)	3
11	(4-2) نظام HVDC	4
11	(5-2) يوضح نظام AC	5
14	(1-3) محطة المقومات الطبيعية المتبادلة	6
15	(2-3) مقومات المكثفات المتبادلة	7
16	(3-3) مكونات محطة HVDC	8
21	(4-3) المقوم ذي الستة نبضات	9
25	(5-3) المقوم ذي 12 نبضة	10
26	(6-3) وحدة الثايرستور	11
28	Monopolar link (7-3)	12
28	Bipolar link (8-3)	13

29	Homopolar link (9-3)	14
29	Back-to-back (10-3)	15
30	خط ناقل بين محطتين (11-3)	16
30	الخط المتوازي (12-3)	17
31	الخط المتوالي (13-3)	18
31	خط توصيل الوحدة (14-3)	19
33	مقارنة سعر التكلفة بالنسبة للمسافات (15-3)	20
34	مقارنة بين التكاليف الكلية لكلا النظامين (16-3)	21
36	تأثيرات HVAC علي أنظمة الاتصالات (17-3)	22
40	وصف النظام في الظروف العادية (1-4)	23
42	موجة جهد خرج المقوم Rectifier (2-4)	24
43	موجة جهد خرج العاكس Inverter (3-4)	25
43	موجة خرج ثلاثية الأطوار من العاكس (4-4)	26
45	وصف النظام بعد ازالة ال Reactors (5-4)	27
44	موجة جهد الخرج بعد إزالة ال Reactors (6-4)	28
46	تأثير إزالة ال Reactors علي نظام AC 1 (7-4)	29
46	تأثير إزالة ال Reactors علي نظام AC 2 (8-4)	30
47	وصف النظام بعد إزالة المرشحات Filters (9-4)	31
48	موجة الخرج الناتجة بعد إزالة AC filters (10-4)	32

49	(11-4) تأثير ازالة المرشحات علي نظام AC1	33
49	(12-4) تأثير إزالة المرشحات علي نظام AC2	34
50	(13-4) وصف النظام عند وجود DC fault	35
51	(14-4) موجة جهد الخرج المقوم عند وجود DC fault	36
51	(15-4) موجة جهد الخرج العاكس ثلاثي الطور عند DC fault وجود	37
52	(16-4) وصف النظام عند وجود AC fault	38
53	(17-4) التأثير على الخرج النهائي من العاكس AC fault عند	39
54	(18-4) موجة خرج نظام AC2	40

فهرس الجداول

رقم الصفحة	الجدول	رقم
6	(1-2) أنظمة HVDC حول العالم	1
33	(1-3) التكلفة التقريبية لمحطات تحويل القدرة لنظام H.V.D.C	2

المستخلص

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تطبيق نظام نقل القدرة عن طريق الضغط العالي المستمر HVDC Transmission لربط شبكتي تيار متردد غير متزامنتين (لهما تردد مختلف) باستخدام برنامج Matlab Simulink للقيام بنمذجة النظام حاسوبياً.

تبحث هذه الدراسة لتوضيح مدى أفضلية HVDC في الظروف المختلفة اقتصادياً وبيئياً ومن ثم معرفة أداء نظام HVDC في ظل ظروف التشغيل العادية Normal وظروف التشغيل غير العادية Abnormal.

أظهرت هذه الدراسة كفاءة نظام نقل القدرة عن طريق الضغط العالي للتيار المستمر لنقل القدرة الكبيرة بفقدان قليلة جداً بين نظامين مختلفين التردد.

Abstract

The main objective from this research is application of power system Transmission by high voltage DC (HVDC) to link two network AC current Asynchronous (it has Different Frequency).by use program of MATLAB Simulink to work the simulation system by computer

This study searching the explanation the best rang of high voltage DC in varies state, Economically and Environmentally . and then Knowing The performance of high voltage DC in the normal operation circumstances and innormal operation circumstances .

This study shown the Efficiency of power system transmission by means of high voltage DC to transmission large power by very little losses between two systemes has different frequency.

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

(1-1) تمهيد:-

يستخدم التيار المستمر لنقل القدرات العالية , مقارنة بأنظمة النقل التي تستخدم التيار المتردد . تعتبر طريقة النقل بواسطة ال HVDC أكثر فعالية من النقل بواسطة ال HVAC وذلك عند المسافات البعيدة مع مفايد قليلة نسبيا بينما يكون نظام HVAC هو الأنسب في المسافات القصيرة يرجع ذلك إلي المقارنة بين تكاليف المحولات وتكاليف العاكسات , وكذلك يستخدم نظام HVDC لربط الأنظمة الكهربائية مختلفة الجهد والتردد .

يستخدم الجهد العالي لنقل الكهرباء وذلك لتقليل الفقد الكهربائي متمثلة في المقاومة الكهربائية وممانعة الكابلات حيث أن الفقد يتناسب طرديا مع مربع التيار المار في الكابلات ' الأمر الذي يدعو لتخفيض التيار مقابل رفع الجهد للحفاظ علي نفس القدرة ' ولأن هذا الجهد العالي يمثل خطرا كبيرا علي الكائنات يتم نصب خطوط نقل الكهرباء عاليه علي أبراج في أماكن خالية من السكان بعيدة عن التجمعات السكنية بقدر كاف .

في الطرف الآخر لدي المستهلك يتم تخفيض الجهد العالي مرة أخرى ليصبح ملائما للاستخدام ' في الحقيقة عملية التخفيض معقدة في تلك الحالة لأن المحولات لا تعمل مع التيار المستمر وبالتالي وقد أصبح من الممكن تصميم عاكسات لتحويل التيار المستمر إلي متردد في الجهد العالي باستخدام أشباه موصلات قادرة علي ذلك .

(2-1) مشكلة البحث :-

كيفية نقل القدرة الكهربائية ذات الجهد العالي عن طريق التيار المستمر HVDC .

(3-1) أهداف البحث :-

التعرف علي أنواع ومكونات نظام HVDC و تصميم نظام HVDC عن طريق برامج المحاكاة (Simulation) و تحليل النظام في حاله الظروف العادية والغير العادية و وضع توصيات لتحسين أداء النظام في ظل وجود الأعطال.

(4-1) منهجية البحث :-

دراسة و محاكاة لنظام HVDC ومعرفة استخداماته في الربط بين الانظمة الكهربائية غير المتزامنة ومعرفة أنواع HVDC ومقارنتها مع HVAC ومعرفة أفضليه كل نوع عن الآخر وعمل نظام محاكاة لل HVDC باستخدام الماتلاب .

(5-1) بنية البحث:-

يتكون هذا البحث من خمسة فصول تحتوي علي :**الفصل الأول** وهو عبارة عن المقدمة ، **الفصل الثاني** يتحدث عن الخلفية النظرية و الدراسات السابقة لل HVDC ونبذه تاريخيه عنه، **الفصل الثالث** يتحدث عن منهجية البحث حيث يحتوي علي مكونات انواع أنظمة HVDC وتحليلها ، **الفصل الرابع** يتكون من المحاكاة وتحليل خرج نظام HVDC و المناقشات ، وأخيرا **الفصل الخامس** يحتوي على الخاتمة والتوصيات.

الفصل الثانی

الإطار النظري

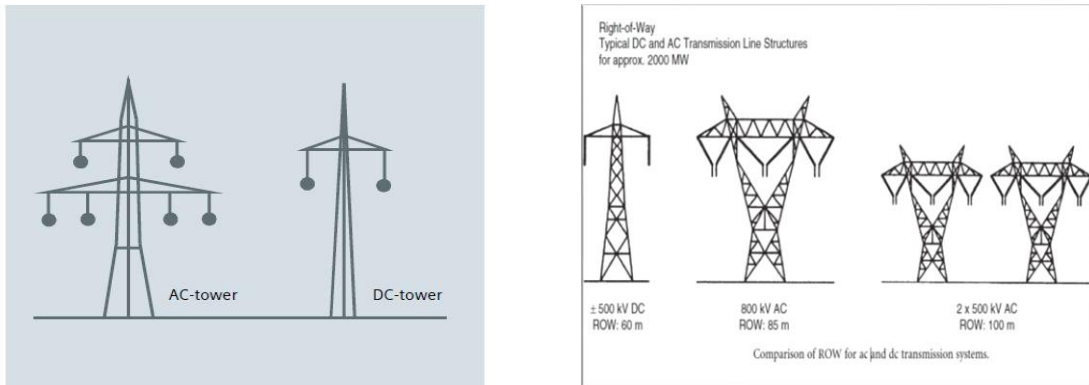
الفصل الثاني

الإطار النظري

(1-2) دواعي استخدام (HVDC):-

عند نقل القدرة الكهربائية يتم الاختيار بين التيار المستمر والمتناوب على أساس التكلفة الكلية لإنشاء خط نقل القدرة للتيار المستمر يتطلب محطة تحويل من التيار المتناوب للمستمتر في بداية خط النقل وأخرى للتحويل من التيار المستمر للمتناوب في آخر الخط وهذه المحطات لها تكلفة عالية جداً، لكن تكلفة خط نقل نفسها بالنسبة للكيلومتر الواحد أقل من مثيلتها بالنسبة للتيار المتناوب لأن التيار المستمر يحتاج إلى موصلات وعوازل أقل وأبراج نقل ذات أبعاد أصغر وبالتالي تكلفة أقل. أما التيار المتناوب يحتاج لمحولات لرفع الجهد عند بداية الخط وأخرى لخفض الجهد عند نهاية الخط لها تكلفة أقل من محطات تحويل التيار المتردد "AC" إلى مستمر "DC" والعكس المستخدمة في بداية ونهاية خط نقل التيار المستمر "dc link".

أما تكلفة خط النقل بالنسبة للكيلومتر الواحد كبيرة لأن النقل بالتيار المتناوب يحتاج لعدد محولات وعوازل أكثر وأبراج ذات أبعاد أكبر والشكل (1-2) يوضح المقارنة بين أبراج HVDC و HVAC.



شكل (1-2) يوضح مقارنة بين أبراج HVDC و HVAC

(2-2) منشآت HVDC في العالم حالياً:-

منذ أن تم إنشاء اول منشأة تجارية لنقل HVDC في العام 1954 بعد ذلك تم تركيب عدد ضخم من أنظمة نقل HVDC حول العالم.

هنالك أيضا عدة أسباب مختلفة لتبرير لماذا تم اختيار النقل بواسطة HVDC في المشاريع

السابقة الذكر:

- في إيتايبو في البرازيل تم اختيار HVDC لتغذية قدرة بتردد 50 Hz لنظام آخر 60 Hz وكذلك لضمان نقل اقتصادي لكمية كبيرة من القدرة (Hydroelectric power) 6300 MW على مسافات طويلة 800 km.

- مشروع Leyto-Luzon في الفلبين تم استخدام HVDC لتمكين إمداد كمية ضخمة من القدرة الجيوحرارية Bulk عبر شبكات الربط بين الجزر وكذلك لتحسين استقرارية شبكة التيار المتردد في العاصمة مانيلا.

- مشروع ريهان _ دلهي في الهند، تم اختيار HVDC لنقل قدرة حرارية ضخمة (Bulk) 1500 MW إلى دلهي وهي لضمان الآتي:

1/ فحودات قليلة.

2/ قيمة قليلة من حق المرور (right of way).

3/ لاستقرارية تحكم أفضل.

- في جارابي يوجد مشروع نقل مستقل (ITP) Independent Transmission Project يقوم بالنقل من الأرجنتين إلى البرازيل، ثم اختيار نظام (HVDC) Back to back لضمان تغذية قدرة (1000 MW) من نظام 50 Hz إلى 60 Hz تحت عقد إمداد قدرة لمدة 20 سنة.

- في جوتلاندا بالسويد تم استخدام HVDC لتوصيل وربط مشروع طاقة رياح حديثة الإنشاء إلى

مدينة Visby مع الأخذ في الاعتبار الحساسية البيئية لمنطقة المشروع (منطقة أثرية وسياحية) ولتحسين جودة القدرة.

- في منطقة كوينز لاندباسترااليا تم استخدام HVDC في مشروع نقل طاقة مستقل لكي يربط بين محطتين مستقلتين للتحويل بين (كوينزلاند - نيو ساوث ويلز) وذلك للاتي:

1/ للتمكن من تبادل وبيع الكهرباء بين النظامين بما في ذلك تغيير اتجاه إنسياب القدرة.

2/ لضمان تأثير قليل جداً على البيئة ولتقليل زمن الإنشاء والتركيب.

* جدول مرفق يوضع أنظمة HVDC حول العالم بتواريخها والأمكنة المستخدمة فيها وفولتية

التيار المستمر وفولتية التيار المتردد

عند تصميم أنظمة خطوط نقل القدرة الكهربائية بالنسبة للتيار المستمر أو التيار المتردد يراعى

اختيار نوع المعدن ومساحة مقطع الموصل حسب المقنونات ومراعاة التكلفة الاقتصادية.

يستخدم التيار المستمر أو المتردد لنقل القدرة الكهربائية عن طريق الأبراج الهوائية أو الكوابل

البحرية ولها فقودات.

هذه الفقودات تتناسب عكسياً مع التكلفة وتعتمد على نوع المعدن ومساحة مقطعه.

تنقل القدرة الكهربائية بواسطة التيار المستمر للأسباب الآتية:

1/ من غير العملي استخدام النقل بواسطة التيار المتردد في حالة الكوابل البحرية والأرضية عندما

تكون المسافة أقل من 50 km وذلك لأن الممانعة السعوية "Capacitance" للتيار المتردد

عالية وتؤثر على أعمال الملاحة البحرية.

2/ تستخدم تقنية HVDC في الربط بين شبكات التيار المتردد ذات الترددات المختلفة وذلك لعدم

وجود تزامن في حالة الربط بواسطة AC، وذلك كما تستخدم في اليابان إذ أن هنالك شبكات

إحدهما ذات تردد 50 Hz والأخرى ذات 60 Hz ثم الربط بينهما بواسطة تقنية HVDC.

الجدول (1-2) يوضح أنظمة HVDC حول العالم

Listing of HVDC installations

HVDC link	Supplier	Year	Power (MW)	DC voltage (kV)	Length (km)	Location
Gotland I ²	A	1954	20	±100	96	Sweden
English channel	A	1961	160	±100	64	England-France
Volograd-Donbass*	Unknown Russian manufacturer	1965	720	±400	470	Russia
Inter-island	A	1965	600	±250	609	New Zealand
Konti-Skan I	A	1965	250	250	180	Denmark-Sweden
Sakuma	A	1965	300	2 × 125	B-B***	Japan
Sardinia	I	1967	200	200	413	Italy
Vancouver I	A	1968	312	260	69	Canada
Pacific Intertie	JV	1970	1440	±400	1362	U.S.A.
Pacific Intertie	JV	1982	1600	±400	1362	U.S.A.
Nelson River I**	I	1972	1620	±450	892	Canada
Kingsnorth	I	1975	640	±260	82	England
Gotland	A	1970	30	±150	96	Sweden
Eel River	C	1972	320	2 × 80	B-B	Canada
Skagerrak I	A	1976	250	250	240	Norway-Denmark
Skagerrak II	A	1977	500	±250		Norway-Denmark
Skagerrak III	A	1993	440	350	240	Norway-Denmark
Vancouver II	C	1977	370	-280	77	Canada
Shin-Shimano	D	1977	300	2 × 125	B-B	Japan
Shin-Shimano	D	1992	600	3 × 125	B-B	Japan
Square Butte	C	1977	500	±250	749	U.S.A.
David A. Hamil	C	1977	100	50	B-B	U.S.A.
Cahora Bassa	J	1978	1920	±533	1360	Mozambique-S. Africa
Nelson River II	J	1978	900	±250	930	Canada
Nelson River II	J	1985	1800	±500	930	Canada
CU Project	A	1979	1000	±400	710	U.S.A.
Hokkaido-Honshu	E	1979	150	125	168	Japan
		1980	300	250		
		1993	600	±250		
Acaray	G	1981	50	25.6	B-B	Paraguay
Vyborg	F	1981	355	1 × 170(±85)	B-B	Russia (tie w/Finland)
Vyborg	F	1982	710	2 × 170		
Vyborg	F		1065	3 × 170		
Duemrohr	J	1983	550	145	B-B	Austria
Gotland II	A	1983	130	150	100	Sweden
Gotland III	A	1987	260	±150	103	Sweden
Eddy County	C	1983	200	82	B-B	U.S.A.
Chateaugay	J	1984	1000	2 × 140	B-B	Canada
Oklaunion	C	1984	200	82	B-B	U.S.A.
Itaipu	A	1984	1575	±300	785	Brazil
Itaipu	A	1985	2383		785	Brazil
Itaipu	A	1986	3150	±600	785	Brazil
Inga-Shaba	A	1982	560	±500	1700	DR Congo
Pacific Intertie upgrade	A	1984	2000	±500	1362	U.S.A.
Blackwater	B	1985	200	57	B-B	U.S.A.
Highgate	A	1985	200	±56	B-B	U.S.A.
Madawaska	C	1985	350	140	B-B	Canada
Miles City	C	1985	200	±82	B-B	U.S.A.
Broken Hill	A	1986	40	2 × 17(±8.33)	B-B	Australia
Intermountain power project	A	1986	1920	±500	784	U.S.A.
Cross-channel (Les Mandarins)	H	1986	1000	±270	72	France-England
(Sellindge)	I	1986	2000	2 × ±270		
Des Cantons-Comerford	C	1986	690	±450	172	Canada-U.S.A.
Sacoi**	H	1986	200	200	415	Corsica Island, Italy
Sacoi***	H	1992	300			

(2-3) نبذة تاريخية عن HVDC :-

لقد حدث تطور واسع في نقل الطاقة الكهربائية بواسطة HVDC نتيجة لمجهودات واسعة النطاق

في تاريخ صناعة الكهرباء وذلك بأنه أول كهرباء تجارية تم توليدها بواسطة العالم توماس ألفا أديسون،

كانت على شكل تيار مباشر طاقة كهربائية DC. وأول أنظمة النقل الكهربائية كانت أيضاً أنظمة تيار مباشر، ولكن قدرة DC لا يمكن نقلها لمسافات طويلة (عند الجهد المنخفض) وبالتالي تسبب في الاتجاه نحو استخدام أنظمة الجهد العالي المتردد AC وبالرغم من ذلك مع تطور صمامات الضغط العالي هذا أعطى إمكانية مرة أخرى للاتجاه نحو نقل القدرة بواسطة الجهد العالي المستمر لمسافات طويلة جداً وهذا هو السبب الذي سبب ظهور أنظمة نقل القدرة بواسطة الجهد المستمر، وفيما يلي بعض المعالم في تطور تكنولوجيا النقل بواسطة التيار المستمر:

- 1/ ظهور مقوم بخار الزئبق بواسطة هويت 1901.
- 2/ أول خط نقل (HVDC) تجاري جوتلاندا في السويد 1954.
- 3/ أول صمام من شبه موصل صلب 1970.
- 4/ أول مايكروكمبيوتر كأساس في معدات HVDC عام 1979.
- 5/ أعلى جهد نقل بواسطة التيار المستمر (± 600 V) في إيتايبو في البرازيل 1984.
- 6/ ظهور أول مرشحات تيار مباشر فعالة Active لتؤدي أداء دائماً في عملية الترشيح وذلك في عام 1994.
- 7/ أول استخدام لمقوم المكثف المتوازي (CCC) في الربط بين الأرجنتين والبرازيل في 1998.
- 8/ أول استخدام لمقوم جهد المصدر (VSC) للنقل في جوتلاندا بالسويد عام 1999.

(2-4) مقارنة بين النقل باستخدام الـ HVAC و استخدام الـ HVDC :-

(2-4-1) عيوب نظام الـ AC :-

لاحقاً ومع التوسع في نقل الطاقة المنقولة بين محطتين ظهرت مشاكل جديدة منها :-

1 - ان عملية النقل اذا تمت بنظام AC فسيترتب علي ذلك ظهور معاوقات جديده لمرور التيار (XL) and Zc تعرف بال Inductive and Capacitive Reactance وهذه تختلف عن المقاومات الأومية R المعروف في نظام DC وبالترتيب علي وجود هذه المعاوقات عدة مشاكل منها زيادة انخفاض الجهد عبر الخط .

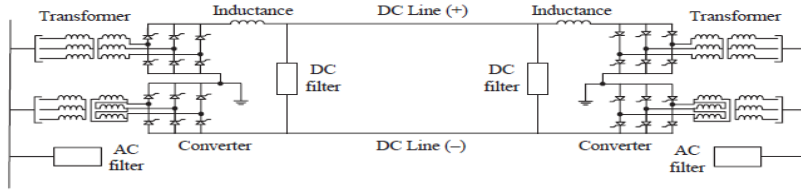
2- تبين ان هنالك حدودا Limits لأقصى قدرة يمكن نقلها علي الخط الواصل بين المحطتين ، وهذه ال Max power transmitted تتوقف علي عدة عوامل منها قيمة جهد الخط في بدايته ونهايته V_1 , V_2 ، وتوقف ايضا علي قيمة معاوقة الخط X ، وتتوقف ايضا علي قيمة ال δ , Power angle بين جهدي المحطتين ، كما في المعادلة : $p=[V_1V_2/(X)]\sin\delta$ وهذه المعاوقات لم تكن موجوده في نظام DC الذي كانت حدود النقل فيه تتوقف فقط علي التحمل الحراري للخط ، ومن ثم فالقدرة المنقولة قلت لاسيما مع زيادة طول خطوط النقل (زيادة قيمة X).

3- في نظام AC يمكن ان يوتر حدوث أي تغير في الحمل او حدوث عطل علي استقرار الشبكة وربما يصل الأمر الي ان يتسبب في فصل محطة التوليد .

4- ظهور ظواهر مثل Ferranti Effect وظاهرة Arcing Ground في نظم ال AC المعزولة , وظاهرة الكورونا وغيرها من المشاكل المرتبطة بنظام ال AC والتي لم تكن في الحسبان ، وما ترتب علي ذلك من كثرة عدد الموصلات بسبب استخدام Bundle conductors ، وبالتالي اصبحي تكلفة الموصلات و الأبراج متضاعفة مقارنة بنظام ال DC

(2-4-2) عيوب نظام ال HVDC :-

1- نقل القدرة بالتيار المستمر يتطلب محطه تحويل من التيار المتردد الي المستمر في بداية خط النقل (Rectifier) , اخري للتحويل من التيار المستمر للمتردد (Inverter) في نهاية الخط كما في الشكل (2-2)



الشكل (2-2): يوضح منظومة النقل بالجهد العالي المستمر

2- اجهزه ال Inverter and Rectifiers المستخدمة في نظام ال DC والتي تظهر صورتها في الشكل (3-2) تعتبر مصدرا للتوافقيات غير مرغوب فيها مما يتطلب استخدام harmonic filter عند بداية ونهاية الخط كما في الشكل (2-2) مما يزيد من التكلفة .



الشكل (3-2) : يوضح DC Converter Station

3- من عيوب هذه المحطات أنها تستهلك قدره غير فعاله عاليه (لكن مع فارق مهم هو أن هذه القدرة الغير الفعالة تستهلك في بدايات الخط عند المصدر ولا تمر عبر الخط كما في حالة التيار).

4- القواطع في شبكات HV DC تعتبر اكثر تعقيدا بسبب صعوبة إطفاء القوس الكهربائي arc , فالتيار المستمر ثابت ولا يمر بالصفير , لذلك يتم تصميمها بشكل خاص باستخدام ثايرتور SCRs معينة Gate Turn Off, GTO مع دوائر إطفاء Commutation

circuits معقدة نسبيا , اما قواطع شبكات ال HVAC فإن الامر سهل لان التيار المتردد يمر بالصفير مرتين في كل cycle مما يجعل إطفاء القوس الكهربائي اكثر سهوله .

5- من عيوبها تعقيد التصميم والتشغيل والتحكم مقارنة بنظام ال AC .

(3-4-2) مميزات نظام ال HVDC :-

لكن لهذا النظام فوائد عديده منها:

1- من اهم مميزات هذا النظام اننا لا نحتاج عند الربط بين شبكتين ان نتأكد من انهما

Synchronized كما في حالة ال AC , وهذه الميزة مهمة جدا لتحسين ال

Stability , كما ان هذه الميزة واضحة في شبكتي الصين و الهند - وهما اكبر

دولتين حدث بهما نمو سريع جدا لشبكة الكهرباء - حيث توسعت الشبكة من خلال

إنشاء منظمات متعددة (Grids) يتم الربط بينهما بنظام ال HVDC لسهولة تبادل

الطاقة بين المنظومات المختلفة .

2- في نظام ال DC تكون عدد الأسلاك اثنان Bipolar system فقط كما بالشكل

(4-2) , بينما عدد الأسلاك بالدائرة الواحدة يساوي ثلاثة (three phase) في نظام

ال AC كما بالشكل (5-2) , هنالك ايضا نظام في ال DC يستخدم خط واحد

للنقل Monoplar علي ان يعود التيار خلال الأرض . بالتالي ففي كل الأحوال فأن

حجم البرج ايضا في نظام ال DC اصغر , وهذا يعني تكلفه اقل .

3- في نظام ال DC يكون التردد صفرا , وبالتالي لا توجد مفاعله حثيه XL ولا

مفاعله سعويه Xc . وهذا يعني عدم وجود Reactive power بمشاكلها والتي

منها عدم اتزان الجهد و منها التسبب في زيادة القدرة المفقودة بسبب مرور هذه القدرة

غير الفعالة عبر الخطوط , ولذلك فقط قلنا ان استقرار منظومة ال DC اعلي من

استقرار منظومة ال AC



الشكل (2-5) يوضح نظام AC الشكل (2-4): يوضح نظام HVDC

-4 ظاهرة ال skin effect موجودة في حالة التيار المتردد فقط ، حيث يمر التيار

المتردد حول السطح الخارجي للموصل اي تقل مساحة المقطع الفعلي التي يمر فيها

التيار ، بينما هذه الظاهرة غير موجودة في حالة التيار المستمر حيث يمر التيار في

كامل مقطع الموصل وهذا يعني إن مقاومة الموصل في حالة ال DC (المقاومة

تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع) وهذا يؤدي بالضرورة إلي إن تكون المفاهيم

النحاسية (I^2R) في حالة ال DC اقل.

-5 مساحة مقطع الموصل في حالة ال DC اقل من مساحة مقطعه في حالة ال AC

كنتيجة لظاهرة ال skin effect وهذا يقلل من التكلفة الكلية .

-6 في حالة النقل بالتيار المستمر يكون الهبوط في الجهد علي طول الخط ($I * R$) أقل

بكثير من الهبوط في الجهد في حالة النقل بالتيار المتردد ($I * (R+jX)$) مما يحسن

تنظيم الجهد Voltage Regulation ويزيد من كفاءة نقل القدرة الكهربائية.

- 7 في حالة ال DC يسمح باستخدام خط نقل DC بأي طول لنقل أي قدرة (بشرط عدم تجاوز حد التحميل الحراري للمواصلات فقط) , بينما في حالة ال AC هناك حدود لطول خط النقل .
- 8 في خط نقل ال DC لا نستخدم Compensators علي طول خط مثل Shunt or Series capacitors او Shunt reactors المستخدمة في خطوط ال AC.
- 9 مفايد الكورونا Corona Losses في خطوط النقل بالتيار المستمر أقل من نظيراتها في التيار المتردد.
- 10 في معظم الحالات تكون قيمة التيار القصر S.C في نظام ال DC اقل بكثير من قيمته في نظام ال AC لاسيما في حالة الوصلات التي تمر خلال الموانع المائية حيث تكتمل دائرة التيار من خلال مقاومة عالية في حالة القصر فتقل القيمة.

(5-2) حالات النقل بنظام HVDC

- يعتبر النقل بالتيار المستمر HVDC Transmission اختيارا وحيدا ليس له بديل عند الربط الكهربائي بين شبكتين في الحالات الآتية :
- 1- عندما يكون تردد الشبكتين مختلفا (50HZ و 60HZ مثلا)
 - 2- عند وجود مانع مائي (بحر مثلا) بين الشبكتين بحيث يمنع تركيب معوضات إستاتيكية (static var compensators) بينهما . ومن أشهر الأمثلة علي ذلك الخط البحري بين انجلترا وفرنسا , ويصل طوله إلي 45 كم ويحمل 200 ميجا وات ومن خلال كابلات HVDC تحت الماء.
 - 3- عندما تكون الشبكتين من الضخامة بحيث يصعب علي نظم التحكم فيها عمل synchronization بينهما في حالة الفصل والارتباط .

الفصل الثالث

مكروفاك و أنوارح أنظمة

HVDC

الفصل الثالث

مكونات وأنواع أنظمة HVDC

(1-3) مكونات نظام HVDC وتحليله:-

العملية الأساسية التي تحدث في نظام HVDC هي تحويل التيار الكهربائي من AC إلى DC (تقويم Rectifier) وهذا يحدث عند نهاية طرف الاتصال ومن ثم تحويل DC إلى AC (عاكس Inverter) وهذا عند نهاية الاستقبال.

(2-3) طرق عملية التحويل من نظام AC الي نظام DC والعكس :-

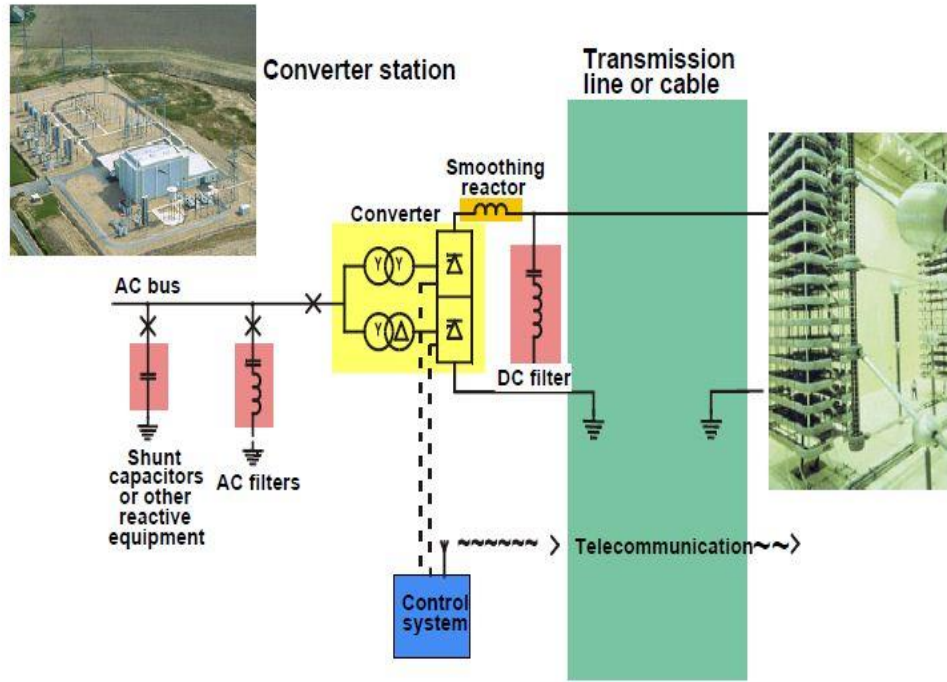
(1-2-3) الطريقة الأولى: المقومات الطبيعية المتبادلة: classical)

Natural Commutated Convertors(model

تعتبر من أكثر الطرق استخداماً في أنظمة HVDC الحديثة والمكون الذي يقوم بعملية التحويل هو الثايرستور وهو عبارة عن شبه موصل قابل للتحكم حيث يمكنه تحمل تيارات عالية جداً (4000 A) كما يمكنه تحمل جهود عالية جداً (أعلى من 10 kV) وبالتالي يمكن توصيل الثايروسترات على التوالي وها ما يعرف بصمام الثايرستور Thyristor Valve التي هي القابلة للعمل عند جهود عالية جداً (عدة مئات من الـ kV).

صمام الثايروستور يتم تشغيله على تردد الشبكة 50 Hz أو 60 Hz ولهذا أيضاً نعني أنه يمكن تغيير مستوى جهد الـ D.C للقنطرة عن طريق التحكم في زاوية الاشتعال.

The HVDC Classic Converter Station



شكل (1-3): يوضح محطة المقومات الطبيعية المتبادلة

(2-2-3) الطريقة الثانية: مقومات المكثفات المتبادلة: Capacitor Commutated

Convertors

هي عبارة عن تحسين في الطريقة السابقة CCC هو استخدام مكثفات عاكسة يتم إدخاله على التوالي بين محولات المقوم وصمامات الثايرستور.

هذا النوع من المقومات يتيح مجالاً واسعاً من المحاسن على سبيل المثال لا الحصر: تغذية الشبكات الخاملة Without generation، التحكم المستقل في القدرة الفعالة (Active) والمتفاعلة (Reactive)، جودة القدرة.

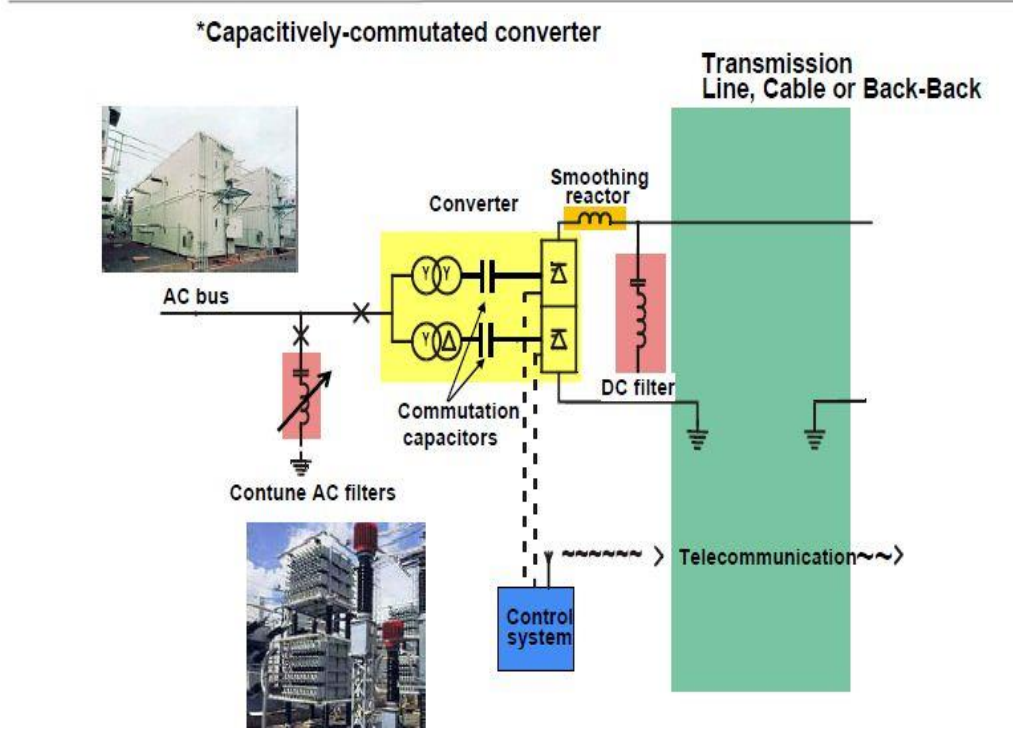
الصمامات في هذا النوع من المقومات تصنع من أشباه الموصلات ذات القابلية للإيقاف والتشغيل معاً وليست فقط للتشغيل كما في الأنواع السابقة وهذا النوع يعرف بـ (Voltage Source Converter (VSC) (مقوم الجهد المصدري) وعادة ما يستخدم نوعين من أشباه الموصلات:

1- الثيروستور ذو بوابة الإطفاء Gate-turn-off thyristor.

2- ترانسيستور البوابة المعزولة Insulated gate Bipolar transistor.

وهذان النوعان كلاهما يستخدمان عادة في التطبيقات الصناعية منذ بداية الثمانيات.

The CCC* Station



شكل (2-3): يوضح مقومات المكثفات المتبادلة

The VSC Commutated with high frequency (3-2-3)

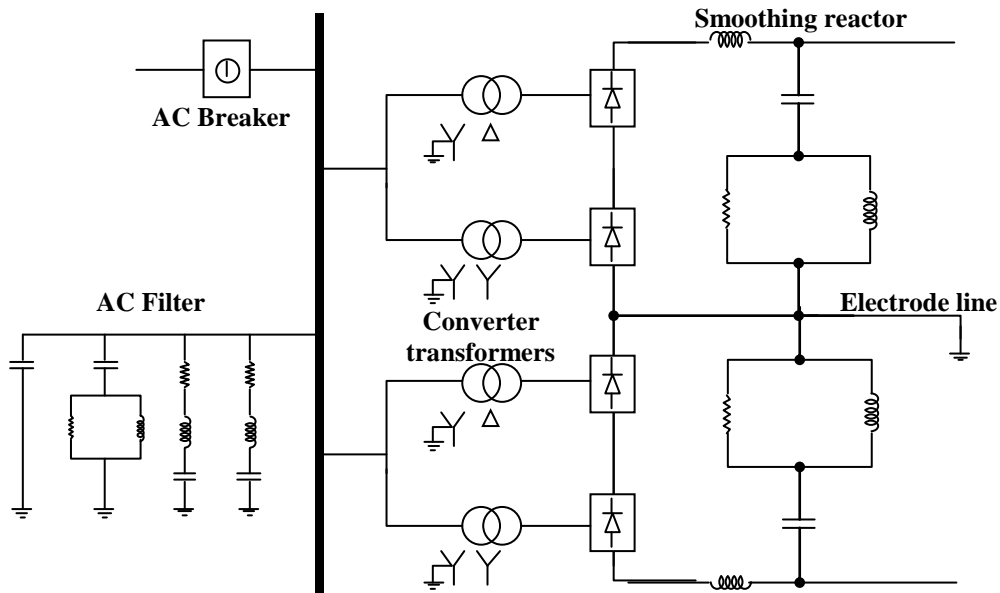
يتم تشغيل المقوم باستخدام تعديل عرض النبضة (PWM) Pulse width modulation وبواسطة PWM يمكننا خلق أي زوايا طور أو اتساع وذلك بتغيير شكل عرض النبضة PWM الذي يمكننا القيام به لحظياً. لذلك PWM يتيح الإمكانية للتحكم في كلا القدرة المتفاعلة والفعالة بصورة مستقلة هذا جعل (PWM-VSC) عبارة عن مكون قريب للمثالية في شبكات النقل، من وجهة نظر شبكات النقل فإن يعرف كمحرك يمكن التحكم في القدرة المتفاعلة والفعالة بصورة لحظية تقريباً.

(3-3) المكونات الرئيسية لمحطة HVDC:-

معظم مكونات نظام نقل HVDC موجودة في محطة التقويم في نهاية خط النقل وذلك يتطلب نظامي نقل طرفين متطابقين (محطة تقويم - محطة عاكس) وظيفته أي محطة يمكن أن تقوم بها المحطة الأخرى أي يمكننا عكسهما جعل المقوم عاكس وجعل العاكس مقوم وكذلك المتحكمات متاحة للقيام بالمهمتين في الأطراف ومكوناته موضحة بالشكل (3-3) .

(1) وحدة التقويم: Converter Unit

وهي عادة مكونة من قناطر تقويم ثلاثية الطور (3ϕ) موصلة على التوالي لتكون وحدة مقوم 12 نبضة (12 pulse converter unit) تصمم هذه الصمامات على مبدأ الوحدات حيث كل وحدة تحتوي على عدد من الثايروستورات الموصلة على التوالي، الصمامات يمكن أن تحزم على نسق صمام مفرد أو ثنائي أو رباعي، المقوم يمكنه أن يغذى عن طريق محولي تقويم مفصلين على شكل y/Δ أو y/y لتشكل زوج 12 نبضة، الصمامات يمكن أن يتم تبريدها عن طريق الهواء أو الزيت أو الماء أو الفريون بالرغم من ذلك التبريد يتم بواسطة الماء غير المؤين (يستخدم بصورة أكثر شيوعاً).



Typical H.V.D.C Converter Station Equipments

شكل (3-3): يوضح مكونات محطة HVDC

مقننات مجموعة الصمامات يمكن تحديدها عن طريق تيارات القصر وهي تعتبر الحالة غير المستقرة ولذلك متطلبات الحالة المستقرة ليست معتبرة لتحديد المقننات، إشارات إشعال الصمام يتم توليدها بمتحكم المقوم في الجهد الأرضي وترسل لكل ثايروستور في الصمام عن طريق الليف الضوئي، الإشارة الضوئية يتم استقبالها في مستوى الثيروستور ويتم تحويلها لإشارة كهربائية باستخدام مكبرات Amplifier في البوابة عن طريق محولات نبضة.

في الصناعات الحديثة تم الاتجاه لاستخدام الإشعال مباشرة عن طريق الضوء باستخدام Light triggered thyristors الثايروستور المنشط بالضوء (LTT).

الصمامات يتم حمايتها باستخدام دوائر امتصاص الصدمات (Snubber circuit) ومانعات الصواعق (Surge arresters)

2/ صمام الثايروستور: Thyristor Valve

أشهر أنواع الثايروستور هو (الموحد السيلكوني المحكوم SCR) ويتكون الثايروستور عموماً من ثلاثة أطراف والانتقال لحالة التوصيل فإن الثايروستور يحتاج لتوفر الشروط التالية:

1. فرق جهد موجب بين الأنود والكاثود.

2. تكون دائرة الحمل موصلة لكي تسمح بمرور تيار الأنود.

3. تمرير نبضة تيار بقيمة مناسبة وفترة مناسبة لدائرة البوابة.

- في حالة الانحياز الأمامي للثايروستور يكون جهد الأنود أعلى من جهد الكاثود.

- في حالة الانحياز العكسي يكون جهد الكاثود أعلى من جهد الأنود.

أما بالنسبة لصمامات الثايروستور يتم توصيل مجموعة من الثايروستورات على التوالي لتنشئ

.HVDC

يتم إشعال الثايروستور وجعله في حالة تشغيل (ON) باستخدام نبضة إشعال خلال كيبل الليف

الضوئي بعد ذلك يتم تكبير إشارة الليف الضوئي عن طريق البوابة الإلكترونية (GEU) يمكن أن تُفعل إشعال حماية الثايروستور بصورة مستقلة عن وحدة التحكم المركزية، هنا يتم باستخدام (Break over diode) عن طريق مقومة تحديد التيار التي تقوم بإشعال الثايروستور عندما يهدد الجهد الأمامي ويتجاوز الجهد المقنن للثايروستور كذلك يتم استخدام مانعة صواعق من المعدن الاوكسيدي عبر كل صمام للحماية من الجهد العالي.

الثايروستور ينتج قيمة مقدرة من الفقدوات الحرارية ($24 - 40W/cm^2$) حوالي (لصمام الرباعي 1 MW) لذلك يتم استخدام نظام تبريد ذو كفاءة.

3/ محولات المقوم: Converter transformers

محول المقوم لها أشكال مختلفة:

i. ثلاثي الطور ذو الملفين .

ii. أحادي الطور، ذو ثلاثة ملفات.

iii. أحادي الطور ذو ملفين.

يوصل الصمام في جهة الملفات على شكل نجمة_ دلتا مع نقطة (N) غير مؤرضة من جهة AC، المحولات توصل على التوازي مع النيوترن (N) المؤرض، الممانعة المتسربة من المحولات لها قيمة قريبة من (15 - 18%) ويتم اختيارها لتحديد تيار القصر خلال أي صمام.

محول المقوم صمم ليحافظه ضغط الجهد المباشر DC و فقودات التيارات الدوامية الزائدة التي تحدث نتيجة لتوافقات التيارات.

4/ المرشحات: Filters

نتيجة لتوليد التوافقيات الغير مطلوبة بواسطة المقومات من الضروري اخذ الاحتياطات المناسبة باستخدام مرشحات من جانب AC- DC للمقوم لتحسين جودة القدرة ولهذا الغرض تستخدم ثلاثة أنواع

من المرشحات:

(a) مرشحات AC : AC Filters

مرشحات AC هي عبارة عن دوائر خاملة تستخدم لتوفير ممانعة قليلة وممرات متوازية للحماية من توافقيات التيارات المتردد، كلا النوعين المرشحات القابلة للضبط والمخمدة يتم استخدامها في محطة 12 نبضة، المرشحات ذات التوافقيات (11th - 13th) مطلوبة في هذا النظام على أساس أنها مرشحات مضبوطة، المرشحات المخمدة عادة مضبوطة إلى توافقيات (23th) وتكون ضرورية للتوافقيات العالية جداً.

في السنوات الأخيرة مرشحات (C type) تم استخدامها لأن تصاميمها أكثر اقتصادية من المرشحات الثنائية ومن الثلاثية وتستخدم لتقليل تكلفة المشروع.

(b) مرشحات DC : DC Filters

هذه المرشحات مشابهة لمرشحات AC وتستخدم لترشيح توافقيات التيار المستمر وعادة تستخدم المرشحات المخمدة للتوافقية (24th).

في التطبيقات الحديثة يتم استخدام مرشحات الفعالة.

مرشحات DC الفعالة استخدمت بصورة كبيرة لكفاءتها العالية ولأغراض تقليل المساحة لصغر حجمها.

(c) High frequency (RF/PLC) Filters :

يتم توصيل هذا النوع من المرشحات بين محول المقوم و AC bus bar لإيقاف أي تيارات عالية التردد. أحياناً مثل هذه المرشحات تستخدم في HVDC bus وتوصل بين مرشحات DC وخط نقل الـ DC وكذلك أيضاً في جانب النيوترون.

5/ مصدر القدرة المتفاعلة: Reactive power source

محطات التقويم تستهلك قدرة متفاعلة تعتمد على قدرة الحمل الحقيقية (حوالي 60% - 50 من القدرة الحقيقية) - مرشحات AC تتيح جزء من القدرة المتفاعلة المطلوبة بالإضافة إلى مكثفات التوازي وكذلك أيضاً يتم استخدام (Static VAR system).

6/ مفاعل تنعيم الـ DC : DC Smoothing Reactor

يستخدم عدد كبير من المفاعلات المتتالية من جانب DC من المقوم لتنعيم تيار DC ولحماية المقوم من تفريغ الخطوط، المفاعل عادة يصمم كمفاعل خطي ويتم توصيله في جهة الخط أو جهة النيوترون أو في موقع في الوسط بينهما. مفاعلات التنعيم عادة ما تكون في المدى بين (240-600mH) وهذا للنقل في المسافات البعيدة وحوالي (24 mH) لتوصيل (Back to back B2B).

7/ مفاتيح DC : DC Switch

هذا النوع في العادة عبارة عن مفاتيح AC معدلة وتستخدم فقط لمقاطعة تيارات DC الصغيرة (على سبيل المثال كمفاتيح فصل)، تستخدم (DC Breaker) أو ما يعرف بـ Metallic return transfer breakers (MRTB) لمقاطعة تيارات الحمل المقنن.

بالإضافة إلى المكونات المذكورة أعلاه مفاتيح AC وأجهزة الحماية والقياس هي كذلك جزء من محطات التقويم.

8/ كيبيلات DC : DC Cables

بما أن DC Cables تعمل على نسق ثنائي (كيبيل بقطبية موجبة وأخرى بقطبية سالبة) لذلك ينتج عنها قيمة محدودة من المجالات المغناطيسية الناتجة من النقل.

كيبيلات HVDC تعمل بنجاح حتى عند الإجهادات العالية التي قد تصل 20 kV/mm.

(3-3) تحليل نظام HVDC :-

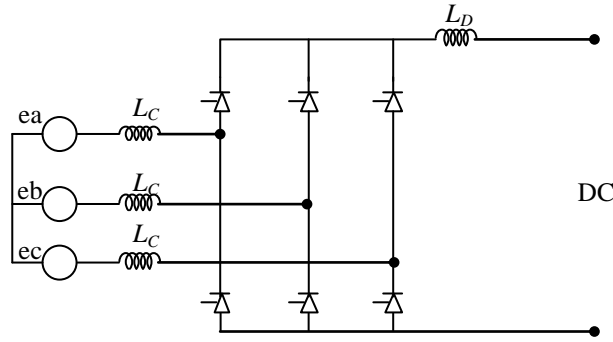
لدراسة التحليل النظري للقنطرة في الشكل أدناه (6 pulse) لابد من الأخذ في الاعتبار الآتي:

1/ التيار المستمر (I_D): DC current

2/ الصمامات هي عبارة عن مفاتيح مثالية.

3/ نظام AC عبارة عن نظام محدود منتهي (Infinite).

For arectifier



شكل (3-4) : يوضح المقوم ذي الستة نبضات

Six pulse body circuit

$$V_{dr} = V_{dor} \cdot \cos \alpha - R_{cr} I_d$$

$$V_{dor} = \frac{3}{\pi} \sqrt{2} V_{LL}$$

$$R_{cr} = \frac{3}{\pi} \omega I_{cr}$$

$$\omega = 2\pi f$$

f تردد القدرة \equiv

For aninverter:

$$-V_{di} = V_{doi} \cos \beta - R_{ci} I_d$$

$$-V_{di} = V_{doi} \cos \gamma - R_{ci} I_d$$

$V_{di}, V_{dr} \equiv$ dc voltage rectifier inverter repectively

جهد التيار المستمر في المقوم والمبدل على التوالي.

$R_{cr}, R_{ci} \equiv$ Equivalent commutation resistance at the rectifier
inverter respectively.

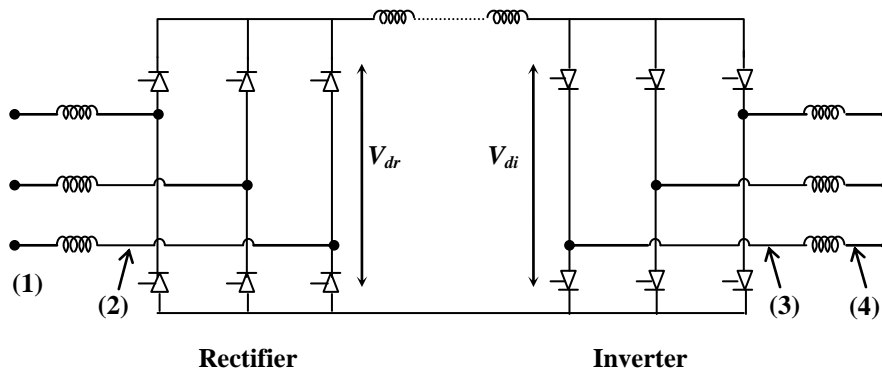
$L_{cr}, L_{ci} \equiv$ Leakage inductance of converter transformer at rectifier
and inverter respectively

$I_d = DC$ current.

$\alpha \equiv$ delay angle.

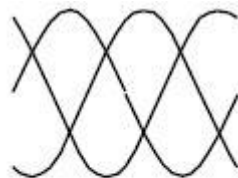
$\beta \equiv$ advance angle at the inverter ($\beta = \pi - \alpha$)

$\gamma \equiv$ advance angle at the inverter ($\gamma = \pi - \alpha - u$)



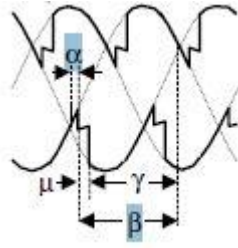
الموجات في الشكل السابق:

عند النقطة (1)

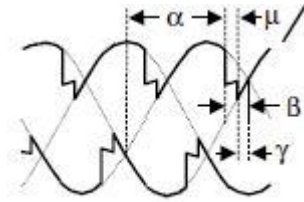


Commutation voltage at
rectifier

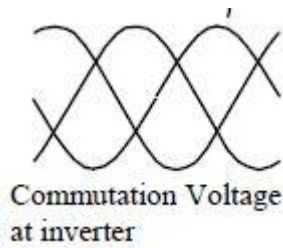
عند النقطة (2)



(3) عند النقطة



(4) عند النقطة



$$\text{Powerfactor} = \cos \theta = \cos \alpha - 0.5x_c (I_d / I_{DN})$$

for inverter

$$\text{Powerfactor} = \cos \theta = \cos \gamma - 0.5x_c (I_d / I_{DN})$$

$$P_d = V_d I_d$$

$$Q_L = P_d \tan \theta = \text{Commutating voltage bush at either rectifier}$$

and converter

$$V_{VN} = \frac{V_{dN}}{1.35 \cos \theta}$$

Overlap angle : (μ)

$$\cos(\alpha + \mu) = \cos \alpha - x_c (I_d / I_{DN})$$

$$\cos(\gamma + \mu) = \cos \gamma - x_c (I_d / I_{DN})$$

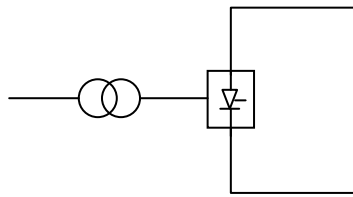
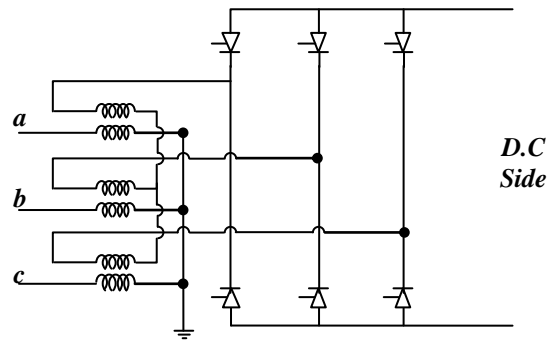
$$\alpha = 180 - (\gamma + \mu)$$

$$T_{RN} = \frac{\text{Vavle side phase to phase rated voltage}}{\text{AC side phase to phase rated voltage}} = \frac{V_{VN}}{V_{LN}}$$

$T_{RN} \equiv$ Nominal ratio of convertor transformer

Converter types:

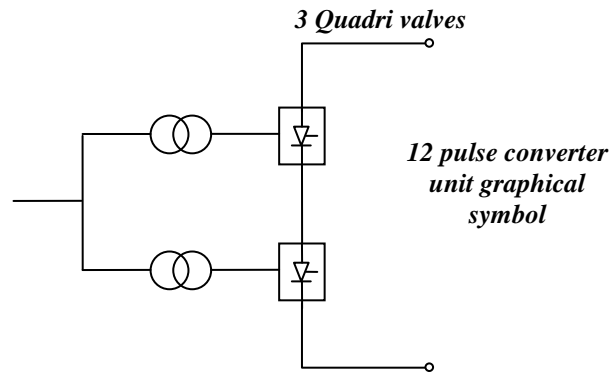
6 Pulse converter:



6 Pulse converter:

الشكل أعلاه يبين (مجموعة 6 صمامات) مع محول $(\gamma - \gamma)$

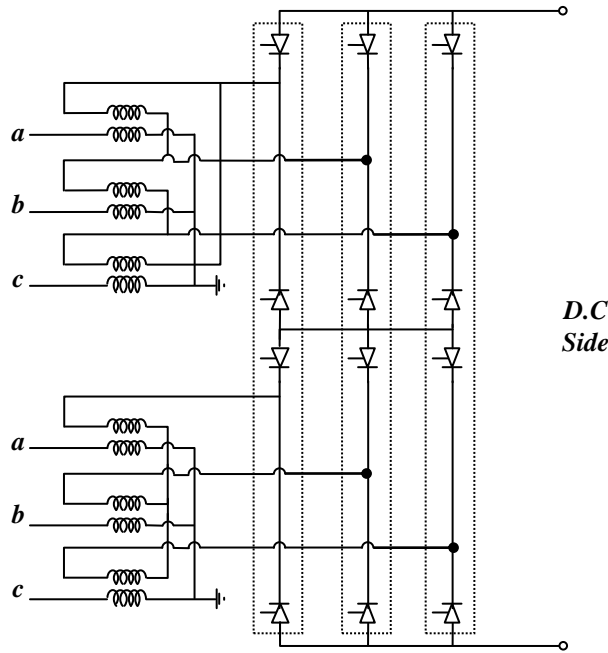
2. Twelve pulse valve group



قريباً بدأ استخدام (12 pulse) في أنظمة (HVDC) وهي عبارة عن مقومات في شكل قنطرة

باستخدام محولين أحدهما موصل $(\gamma-\gamma)$ والآخر موصل (Δ/γ) .

عندما يطبق جهد AC على الصمامات تحدث إزاحة طورية بمقدار 30° (Phase shift).



شكل (3-5) : يوضح المقوم ذي 12 نبضة

The twelve pulse valve group configuration with two transformers one in (star-star) and the other in the star-delta connection.

(1-3-3) وحدة الثايروستور : Thyristor Module

وحدة الثايروستور أو وحدة الصمام (Valve module) هي ذلك الجزء من الصمام الذي يتركب من أجزاء ميكانيكية للثايروستور المتصلة على التوالي بالإضافة إلى إضافتها الاحتياطية والتي تشمل الآتي:

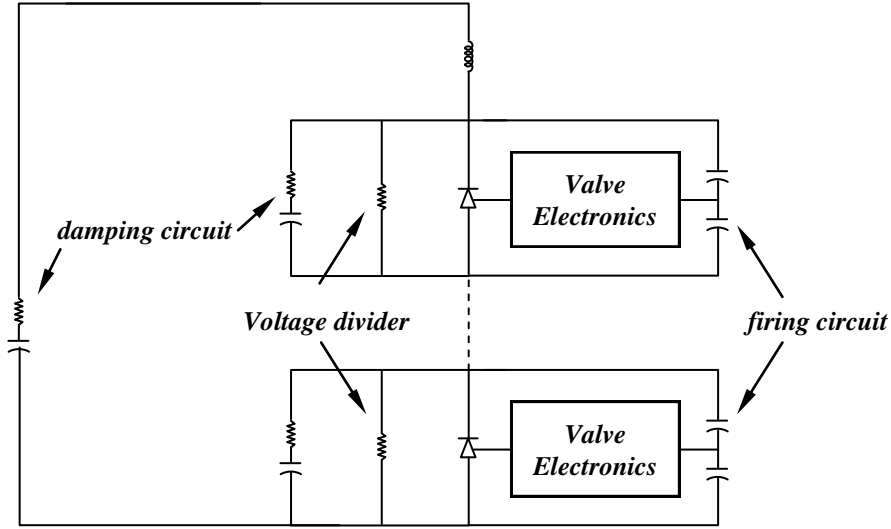
1/ مبددات الحرارة : Heat sinks

والتي يتم تبريدها بالهواء والزيوت وغيره من المبردات (المواد).

2/ دوائر الإخماد : Damping circuits

3/ إلكترونيات إشعال الصمام: Valve firing electronics

وحدة الثايرستور عادة لها قابلية التبديل، ويمكن لوحدة أن تقوم بوظيفة الوحدة الأخرى وهذا مهم لأغراض الصيانة وهي تتكون من مكونات كما موضح بالشكل (3-6).



شكل (3-6) : يوضح وحدة الثايرستور

(3-4) أنواع أنظمة HVDC:-

(3-4-1) ربط أحادي القطبية Monopolarlink:-

وهذا النوع لديه موصل واحد ويستخدم الأرض أو البحر لإكمال الدائرة Ground return، يمكن أيضاً استخدام المرجع المعدني Metallic return عندما يكون هنالك تداخل راديوي Harmonic interference أو مشاكل صدأ لبعض المنشآت المعدنية المحيطة.

وفي هذا النوع أيضاً يستخدم القطبية السالبة Negative polarity بدلاً من القطبية الموجبة في نقل القدرة لأن تأثير ظاهرة الهالات Carona effects أقل في القطبية السالبة لذلك يستخدم عادة

القطبية السالبة لتشغيل هذا النوع.

(2-4-3) ربط مزدوج القطبية: Bipolar link :-

وهذا النوع يحتوي على موصلين أحدهما بقطبية سالبة Negative والآخر بقطبية موجبة Positive.

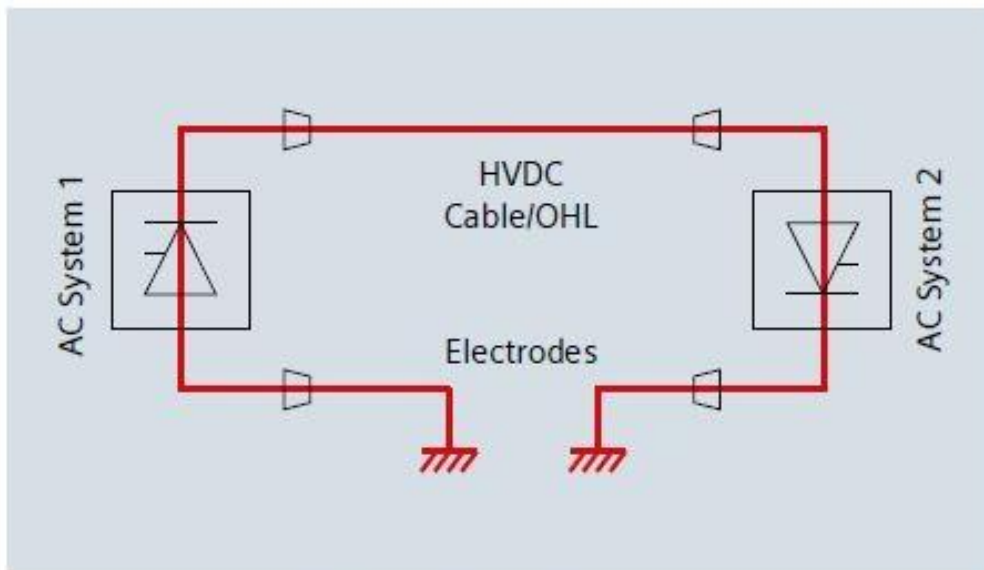
كل طرف لديه مجموعتان من المقومات converters بمقننات متساوية على التوالي في جانب DC. نقطة التوصيل بين المجموعتين يتم تأريضها في كلا أو أحد الطرفين. في ظروف التشغيل الطبيعية يكون تيار كلا المجموعتين متساوي لذلك لا يوجد تيار أرضي (Zero ground current). في حالة حدوث عطل بأحد المقومات يمكن استخدام أحد خطي النقل كراجع معدني Metallic return وذلك باستخدام المفاتيح المناسبة.

(3-4-3) Homopolar link :-

في هذا النوع من الربط يستخدم موصلين ولكن بنفس القطبية وغالباً يستخدم بقطبية سالبة Negative ويمكن تكملة الدائرة عن طريق الأرض ground أو عن طريق الراجع المعدني Metallic return.

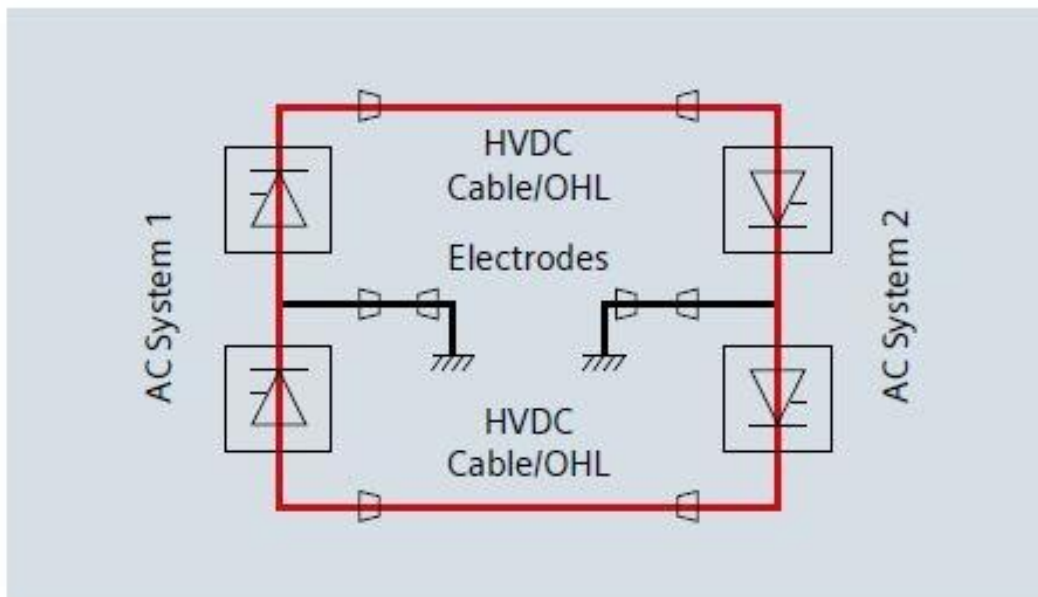
نسبة لأن التأريض عن طريق الأرض غير مرغوب فيه أحياناً كثيرة لذلك نجد أن النوع الثاني (Bipolar) أكثر استخداماً.

من فوائد الربط بهذه الطريقة (Homopolar) له عوازل ذات تكلفة أقل reduced insulation cost، ولكن من مساوئ الراجع المعدني metallic return فإنها تقلل نم فرصة اختيار هذا النوع.



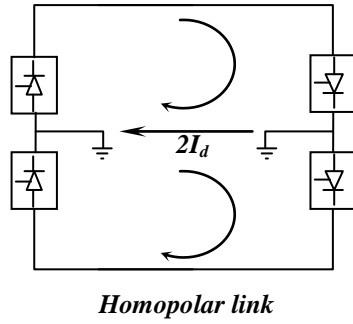
Monopole with ground return path

شكل (7-3) : يوضح Monopolar link



bipolar balanced operation (normal)

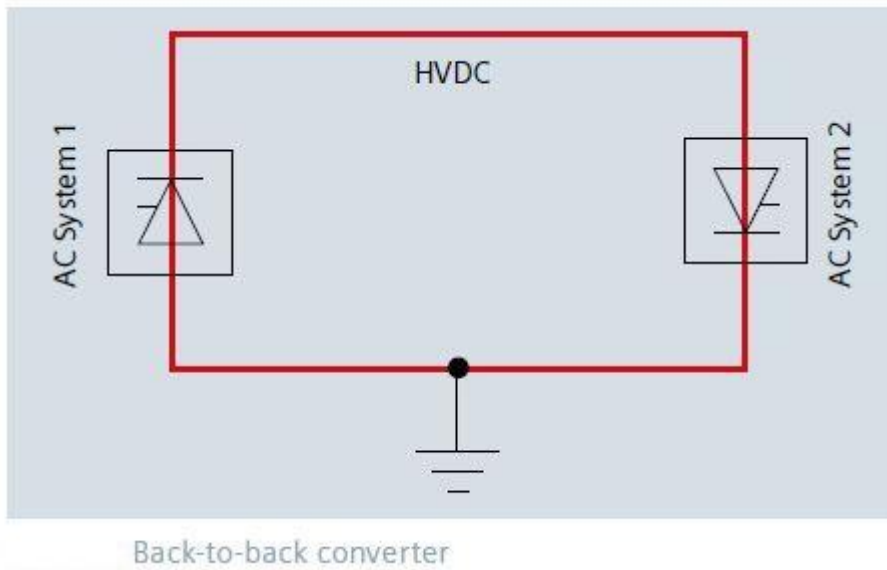
شكل (8-3) : يوضح Bipolar link



شكل (9-3) : يوضح Homopolar link

Back-to-back (4-4-3)

في بعض التطبيقات حيث يوجد نظامي AC في نفس الموقع حيث لا يوجد خط نقل في هذه الحالة ولا تحتاج إلى كوابل بين المقومات وفي هذه الحالة التوصيل يمكن أن يكون bipolar أو Homo polar هذا النظام مستخدم في اليابان للربط بين شبكات أنظمة قدرة مختلفة التردد (50 Hz و 60 Hz).



شكل (10-3) : يوضح Back-to-back

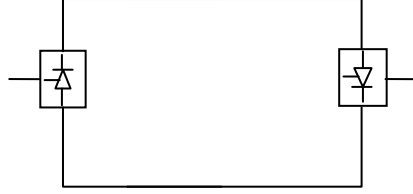
(5-3) أنواع خطوط نقل HVDC، Types of HVDC Transmission lines:-

هنالك عدة طرق مختلفة لاستخدام خطوط نقل HVDC ويمكن توضيحها كالاتي:

1/ خط نقل بين محطتين : (Point to point) Between two substation

وهو أكثر الأنواع انتشاراً ويستخدم عندما يتم نقل الطاقة DC Power من طرف المقوم

Rectifier إلى طرف العاكس Inverter.



Two terminal system

شكل (3-11) : يوضح خط ناقل بين محطتين

2/ خط النقل متعدد الأطراف : Multi terminal HVDC system

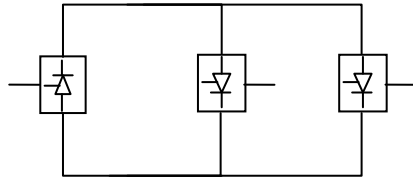
يستخدم هذا النوع للربط بين ثلاث محطات HVDC أو أكثر متباعدة جغرافياً. ومنفصلة عن

بعضها البعض.

ينقسم هذا النوع إلى نصفين:

(a) الخط المتوازي : Parallel multi terminal

يستخدم إذا كانت كل المحطات المتصلة تعمل بمستوى جهد واحد.

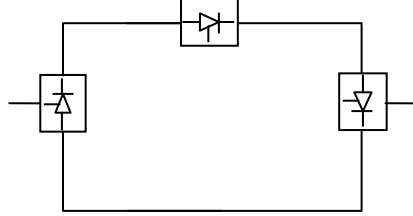


Parallel multi terminal system

شكل (3-12) : يوضح الخط المتوازي

(b) الخط المتوالي: Series multi terminal

كلا النوعين في هذا النظام من الصعب أن يحقق الكفاءة الاقتصادية نسبة لتكلفة المحطات المضافة.



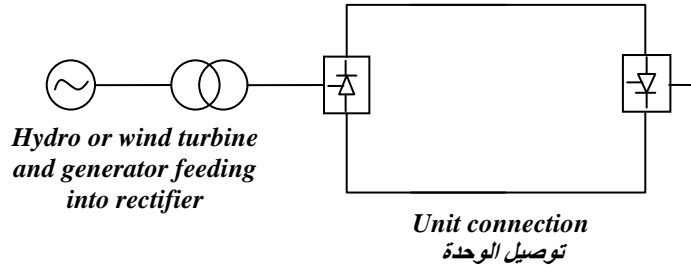
Series multi terminal system

شكل (3-13) : يوضح الخط المتوالي

(c) خط توصيل الوحدة Unit connection

يستخدم هذا النوع عندما يكون الخط في نفس نقطة التوليد. لذلك يتم توصيل محول convertor مباشرة إلى المولد.

يستخدم هذا النوع في التوربينات الهوائية Wind Turbines حيث يتم استخدام القدرة الناتجة من المولدات الهوائية عن طريق التحكم في السرعة ويتم تغذيتها إلى عاكس inverter. وإيصال هذه القدرة إلى نظام AC وفقاً لتردد الأساسي 50 Hz أو 60 Hz.



Hydro or wind turbine and generator feeding into rectifier

Unit connection
توصيل الوحدة

شكل (3-14) : يوضح خط توصيل الوحدة

(6-3) الاعتبارات الاقتصادية لـ HVDC

(1-6-3) تكاليف نظام نقل H.V.D.C

تكلفة نظام نقل القدرة بواسطة H.V.D.C تعتمد على عدة عوامل أهمها:

- كمية القدرة المنقولة عبر النظام.

- نوعية خط النقل.

- الظروف البيئية والسلامة.

- الاعتبارات التنظيمية.

وكذلك هنالك عدة خيارات للتصميم الأمثل:

- تقنيات لتبديل Commutation مختلفة.

- المرشحات Filter.

- المحولات Transformers ... الخ.

لذلك جد أنه من الصعب تحديد كلفة كل أنظمة H.V.D.C لأن ذلك يعتمد على العوامل السابقة.

ولكن بالرغم من ذلك يمكن توضيح تكلفة تقريبية لمحطات تحويل القدرة لنظام H.V.D.C كما بموضح

بالجدول اللاحق.

- مقارنة اقتصادية بين H.V.D.C و H.V.A.C

كمثال مقارنة سعر التكلفة بالنسبة للمسافات لـ H.V.D.C و H.V.D.C كلاهما ينقل قدرة 2000

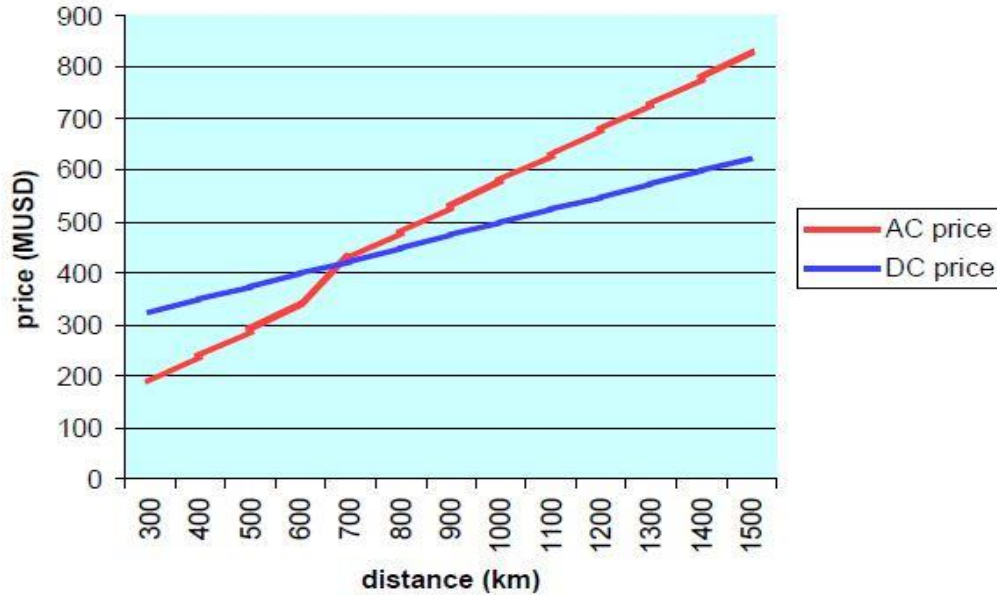
kW وهي مبينة بالشكل (3-15).

ونلاحظ من الشكل (3-15) أن سعر التكلفة الأولية لمحطة H.V.A.C من 80 مليون دولار

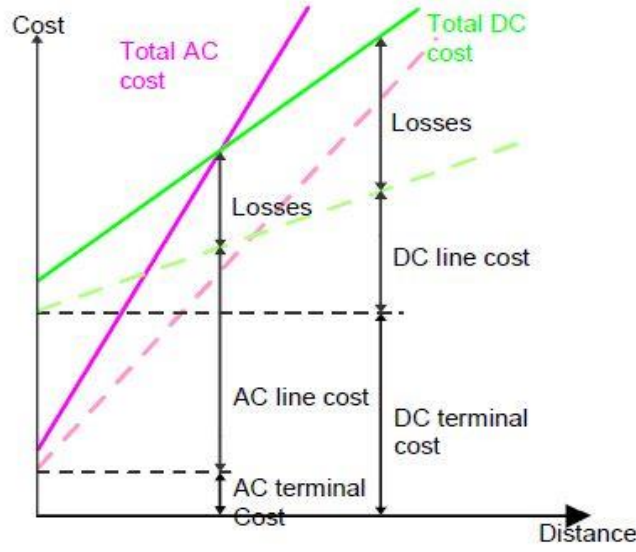
بينما سعر محطة H.V.D.C يبدأ من سعر 320 مليون دولار كنسبة أولية.

جدول (3-1): يوضح التكلفة التقريبية لمحطات تحويل القدرة لنظام H.V.D.C

Project Component	مكون المشروع	التكلفة (%)
Valve	الصمامات	20
Converter transform	محولات المقوم	16
Civil works building	الأعمال المعدنية والمباني	14
AC filter	مرشحات التيار المتردد	10
Engineering	الهندسية	10
Control	معدات التحكم	7
Other equipment	المعدات الأخرى	10
Fright insurance	الشحن والتأمين	5
Erection	التشييد	8



شكل (3-15) : يوضح مقارنة سعر التكلفة بالنسبة للمسافات



شكل (3-16) : يوضح مقارنة بين التكاليف الكلية لكلا النظامين

يمكن توضيح ملخص المقارنة بين H.V.D.C و H.V.A.C في الآتي:

- من المخطط أعلاه نجد أن تكلفة إنشاء محطة تقويم H.V.D.C Terminal cost أكبر من تكلفة إنشاء المحطات التحويلية في H.V.A.C وذلك لأن المعدات التي تستخدم في تقديم التيار معدات مكلفة جداً.
- تكلفة خط نقل الأبراج والكوابل في H.V.D.C هي أقل من تكلفة خط نقل H.V.A.C من حيث حجم وعدد الموصلات لأننا نحتاج في H.V.D.C موصلين فقط أو حتى موصل واحد في بعض الأحيان أما في H.V.A.C نحتاج إلى ثلاثة موصلات على الأقل.
- تكلفة التشغيل والصيانة هي أقل في H.V.D.C لأن المفايد x_c و x_L هي منعدمة فيه، وكذلك الصيانة لا تحتاج إلى تكلفة عالية في H.V.D.C مقارنة مع نظام H.V.A.C.
- أهم نقطة يجب ذكرها أن تكاليف H.V.D.C في المسافات الطويلة أقل من مثيلتها في H.V.A.C لذلك نجد أن مدى المفايد losses يتناسب طردياً مع المسافة في نظام H.V.A.C مما أعطى أفضلية لـ H.V.D.C في المسافات الطويلة.
- عندما يكون من الضروري نقل الطاقة تحت الأرض أو تحت البحر بواسطة الكوابل فإن كوابل

AC تصبح غير عملية نسبة لتيار التأثير السعوي إذا كانت المسافة كبيرة، والمسافات الطويلة أكبر من 50 km فإنه من العملي استخدام كوابل DC.

(3-7) الاعتبارات البيئية لـ HVDC:

التأثيرات الكهربائية على البيئة الناتجة من خطوط نقل H.V.D.C يمكن حصرها بتأثيرات المجال والتأثير الأيوني Ione effect الذي يعرف بالهالة Corona.

- المجال الكهربائي electric field ينتج من الشحنات الموجودة في كلاً من الموصلات الموجودة في خط النقل وأيونات الهواء المحيطة بالموصلات.
- المجال المغناطيسي magnetic filed ينتج من سريان التيار المستمر عبر الموصلات. تظهر ظاهرة التآين عندما تمر الغيوم على خطوط النقل مما يحدث تآين في الغيوم والذي سوف يؤثر على الإنسان أو الحيوان.
- الهالات التي تؤثر على الاتصالات لأنها تنتج مستويات منخفضة من التداخل الراديوي Radio Interfernce وكذلك تصدر بعض الإزعاج noise وأخطرها تنتج من غاز الأوزون.

(3-7-1) تأثيرات المجال والهالات: Field and corona

تأثيرات المجال والهالات الناتجة من H.V.D.C أقل من تلك الناتجة من H.V.A.C ويجب أخذ بعض الاعتبارات مثل:

1- المجال المغناطيسي المباشر الناتج عن خط نقل H.V.D.C قليل جداً.

2- المجال الكهربائي الساكن الناتج من خط DC ليس له تأثيرات صحية معروفة على الكائنات

الحية ولكنه:

خط النقل يمكن أن يؤثر على صحة الإنسان وذلك لأنه المجال الكهربائي الناتج يمكن أن يؤثر على البيئة المحيطة خصوصاً عند وجود غيوم بجانب الخط أو وجود رطوبة في الجو ولكن نجد أن تأثير

H.V.D.C أقل من H.V.A.C من هذه الناحية.

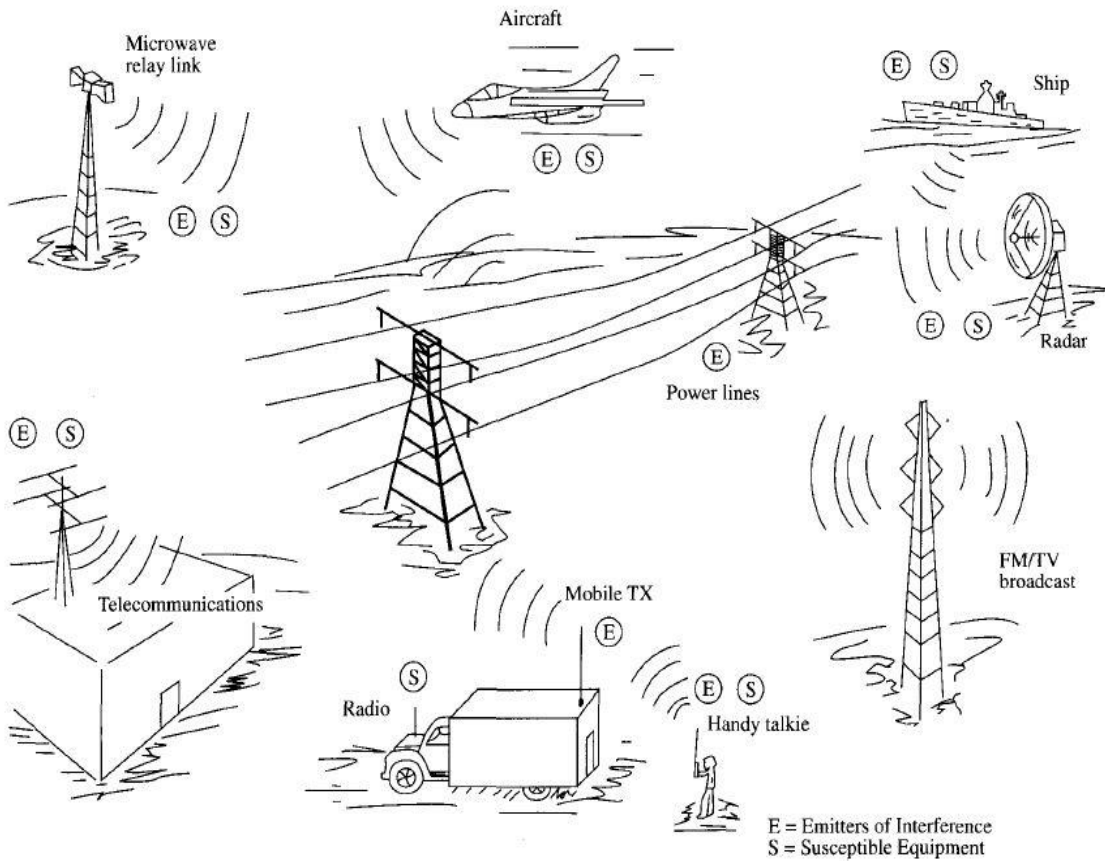
3- عند استخدام الراجع الأرضي ground return مع نوع Mono polar فإن المجال

المغناطيسي الناتج من HVDC يمكن أن يتسبب في بعض المشاكل:

(a) تعطيل أجهزة الملاحة البحرية مثل البوصلة المغناطيسية.

(b) مرور تيار الراجع الأرض عبر منشآت معدنية مثل (خطوط الأنابيب) يسبب صدأ لح هذه

المشاكل يمكن استخدام الراجع المعدني Metallic return على خط النقل.



شكل (3-17) : يوضح تأثيرات HVAC على أنظمة الاتصالات

الفصل الرابع

الحماية وتخليد النظام

والمنافسة

الفصل الرابع

المحاكاة وتحليل نظام HVDC

(1-4) مقدمة:-

تم استخدام برنامج ماتلاب Matlab لعمل المحاكاة وتوضيح أداء النظام تحت الظروف العادية وغير العادية وذلك باستخدام 12-pulse thyristor convertor.

(2-4) وصف النظام:-

النظام المطلوب دراسته موضح في الشكل (1-4) وهو عبارة عن نظام ربط DC بقدرة .1000 MW, 500 kV, 2 kA

تم استخدامه لنقل القدرة من نظام (500 kV, 5000 MVA, 60 Hz) إلى (345 kV, 10000 MVA, 50 Hz).

نظامي AC تم تمثيلها بنظام مكافئ ذو أحمال حثية وحقيقية $R-L$ equivalents.

المقوم والعاكس استخدم فيها نظام 12-Pulse converter باستخدام قنطرتين على التوالي.

المقوم Converter تم توصيله إلى خط نقل DC بطول 300 km عبر 3H smoothing reactors.

محول المقوم ذو توصيله (Wye grounded wye /Delta)

ملحوظة:

نعلم أن HVDC يعتبر كمصدر للتيارات ذات التوافقيات (Harmonic currents) من وجهة

نظر النظام AC. ويعتبر نظام AC كمصدر للجهود ذات التوافقيات (Harmonic Voltage).

في هذا النظام لدينا توافقيات Harmonic تقايس بالرتبة n ورتبة هذا التوافقيات تعتمد على

النبضات pulse (p) في المقوم:

بالنسبة للتيار المتردد AC فإن $n = k_p \pm 1$.

بالنسبة للتيار المستمر DC فإن $n = k_p$.

وبما أن عدد النبضات في النظام ($p = 12$) فإن:

1- التوافقيات الموجودة في النظام في جانب الـ AC:

$$n = 12 + 1, n = 12 - 1$$

إذن هي:

$$n = 11, 13, 23, 25$$

2- التوافقيات الموجودة في جانب الـ DC:

$$n = 12$$

$$n = 24$$

من هذا:

يستخدم مرشحات AC من الرتبة ($11^{\text{th}}, 13^{\text{th}}$) وكذلك High-pass damped

24^{th} filter وذلك لمنع التوافقيات الناتجة من التيارات من التأثير من نظام AC. وهذه المرشحات تعمل

كمعوض للقدرة المتفاعلة (Reactive power compensation).

- استخدم قاطعي دائرة Two circuit breakers تستخدم لتطبيق الأعطال:

1- من جانب المقوم DC side rectifier.

2- من جانب العاكس AC side Inverter.

- تم استخدام مولد نبضات متزامن 12-pulse generator وذلك لضبط زاوية الإشعال لكل

قنطرة.

System Parameters : معاملات النظام (3-4)

يمكن تلخيص قيم معاملات النظام الموجودة في الشكل (1-4) كآلاتي:

النظام الأول: AC System 1

Generation:

5000 MVA, 600 kV, 60 Hz

AC Filter:

60 Hz, 600 MVAR

Converter transformer:

1200 MVA, 60 Hz, 500 KV (winding 1), 200 kV (winding 2), 200 kV (winding 3).

النظام الثاني: AC System 2

Generation:

10000 MVA, 345 kV, 50 Hz

AC Filter:

50 Hz, 60 MVAR

inverter transformer:

1200 MVA, 5 Hz, 345 KV (winding 1), 200 kV (winding 2), 200 kV (winding 3).

خط النقل: DC Link

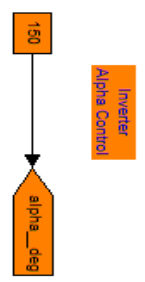
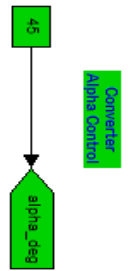
Rating: 1000 MW, 500 kV, 2 kA

R 0.015 (Ohms/km)

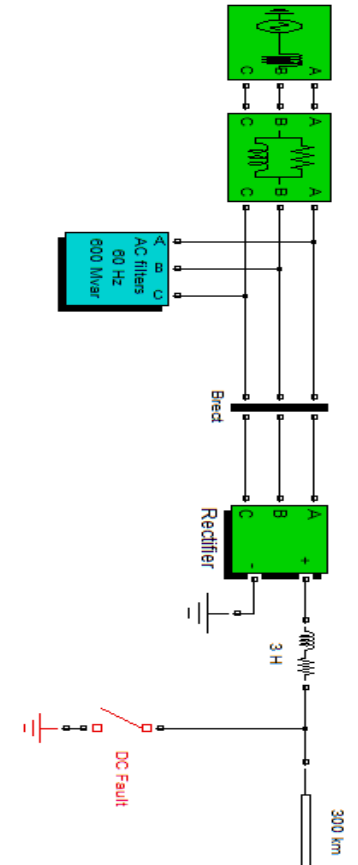
L: 0.7922e-3 (H/km)

C: 14.4 e-9 f/km

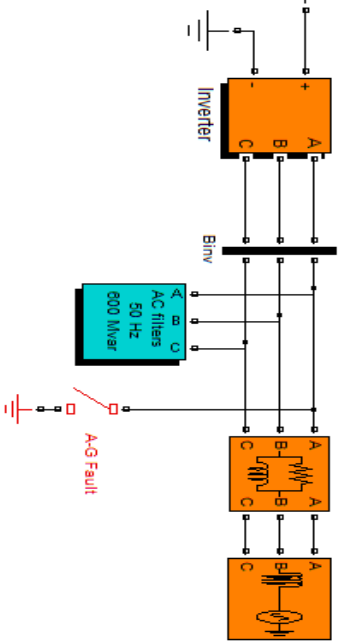
Line length: 300 km.



500kV, 60 Hz
5000 MVA equivalent



345kV, 50 Hz
10,000 MVA equivalent



Continuous
powergui

Open this block
to visualize
recorded signals
Data Acquisition

الشكل (1-4) يوضح وصف النظام في الظروف العادية

(4-4) تحليل أداء النظام:-

الخطوات:

- 1- تحليل أداء النظام تحت الظروف العادية.
- 2- دراسة سلك النظام عند إزالة أجهزة ال reactors.
- 3- دراسة سلوك النظام عند إزالة أجهزة المرشحات AC filters.
- 4- دراسة تأثير وجود عطل على خط النقل (DC(DC fault).
- 5- دراسة تأثير وجود عطل في جانب (AC(Line to ground fault).

(1-4-4) تحليل أداء النظام تحت الظروف العادية:

الظروف العادية هي وجود كل عناصر وتحسين الخرج filters and reactors وعدم وجود

أعطال faults.

أولاً: المقوم: Rectifier

دخل المقوم عبارة عن جهد متردد بتردد 60 Hz بجهد مقداره 500 kV.

لاحظ أن:

- جهد الخرج المستمر $V_{dc} \approx +500kV$ فيه هبوط نتيجة لعمليات التقويم والفقودات كما في

الشكل (2-4).

- زاوية الإشعال $(\alpha = 45^\circ)$.

- الجهد مستقر ولا يوجد تذبذب أو تشوه.

- لاحظ في الملاحق (1)&(2) Fig

ثانياً: العاكس: Inverter

لاحظ في الملاحق Fig (3)&Fig(4)

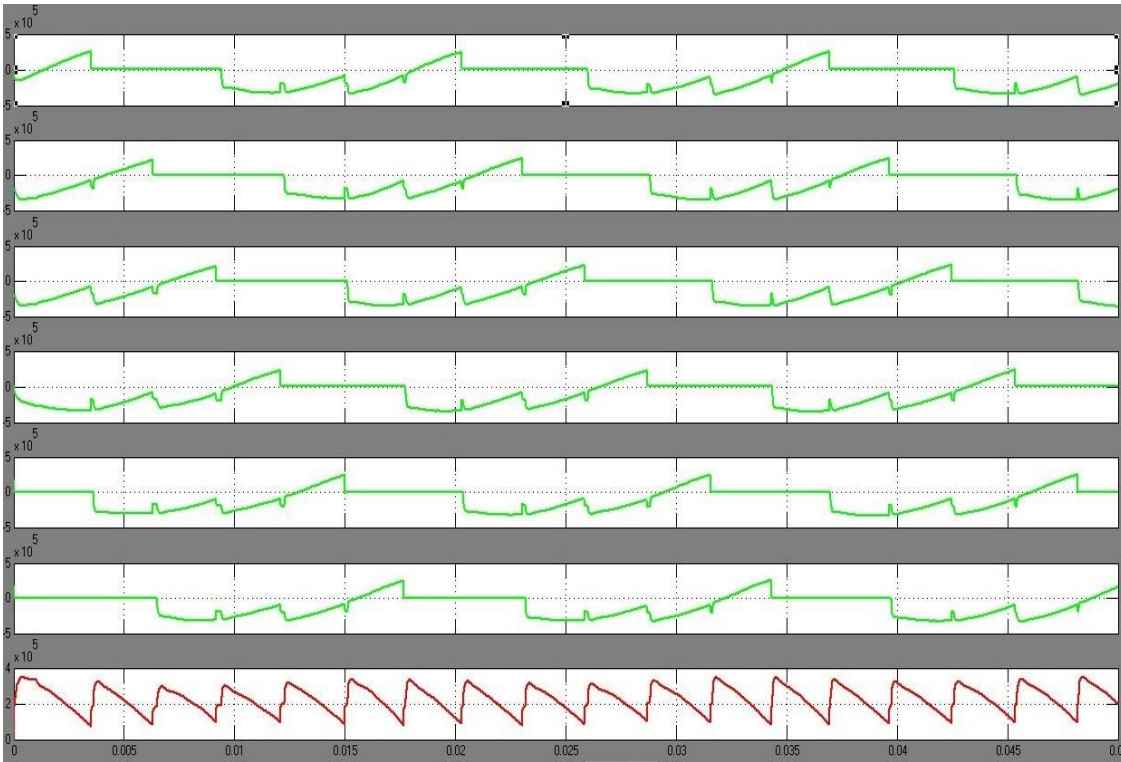
- في هذا الجانب زاوية الإشعال $(\alpha = 150^\circ)$.

- الخرج عبارة عن جهد متردد 50 Hz وبجهد مقداره 345 kV العاكس مرتبط بنظام AC ذو

تردد 50 Hz. ونلاحظ وجود تموج Ripple بصورة بسيطة في موجه جهد الخرج ووجود تشوه

بسيط لا يؤثر على الخرج كثيراً. موجه جهد الخرج موجة جيبية مستقرة غير متذبذبة كما

بالشكل (3-4).



الشكل (2-4) يوضح جهد خرج المقوم Rectifier

ثالثاً: جهد الخرج ثلاثي الأطوار من العاكس: 3ϕ from inverter

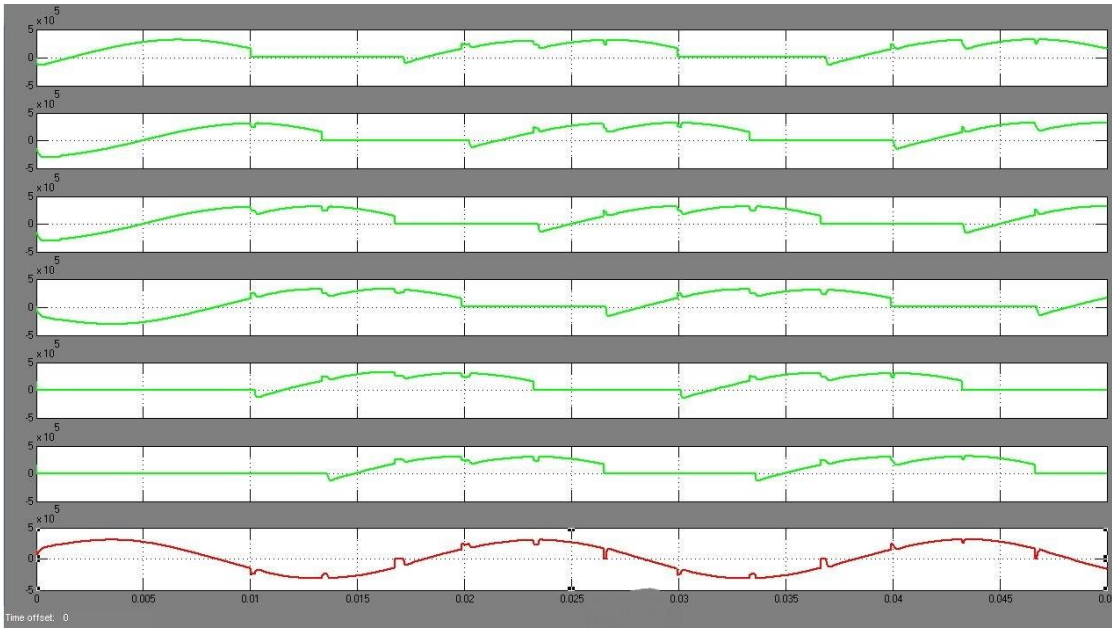
هذا الجهد هو جهد الخرج بين الأطوار الثلاثة وبالترتيب هو:

$$V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}$$

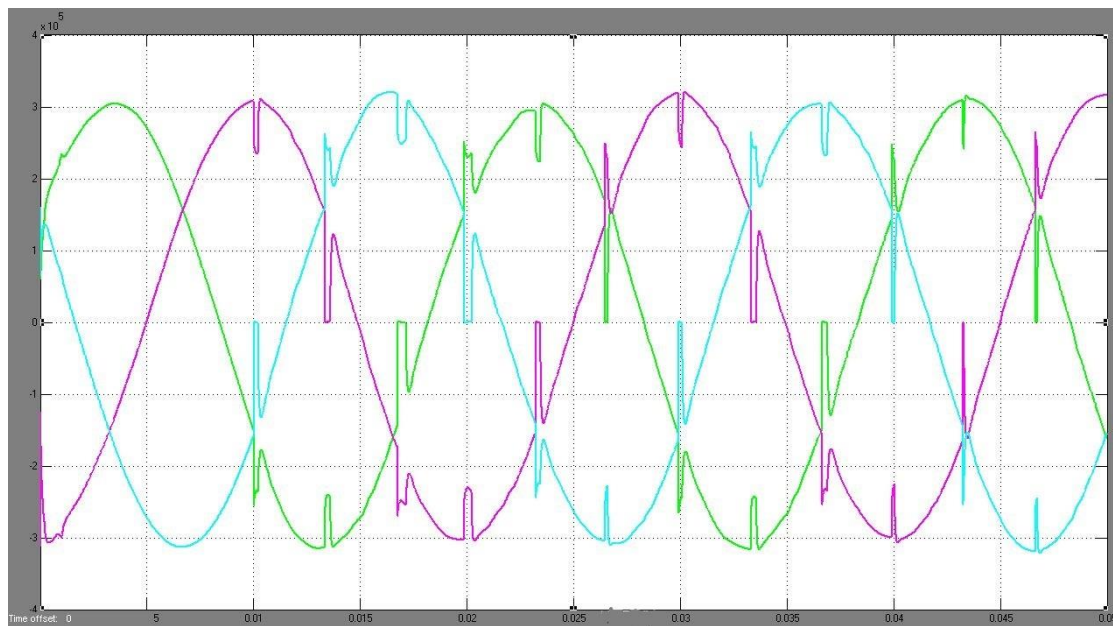
موجة الخرج النهائية من العاكس inverter ثلاثية الأطوار موجة جيبية مستقرة ذات جهد ثابت

مقداره 345 kV وهي بنسبة جهد نظام AC system 2 ذو التردد 50 Hz، ولكن نلاحظ أن موجة جهد الخرج ثلاثي الأطوار من العاكس (3-phase form inverter) بها تشوه نتيجة لعمليات الإشعال والإخماد المتتالية من الثايروستورات كما بالشكل (4-4) ولذلك هذه الموجة تحتاج إلى تحسين أكثر بواسطة طرق التحسين المعروفة مثل:

طريقة (Pulse With Modulation PWM) والتي سوف نذكرها لاحقاً في توصيات المشروع.



الشكل (3-4) يوضح جهد خرج العاكس Inverter



الشكل (4-4) يوضح موجة خرج ثلاثية الأطوار من العاكس

(2-4-4) أداء النظام عند إزالة أجهزة الـ Reactors:

الشكل (5-4) يوضح وصف النظام بعد إزالة الـ Reactors .

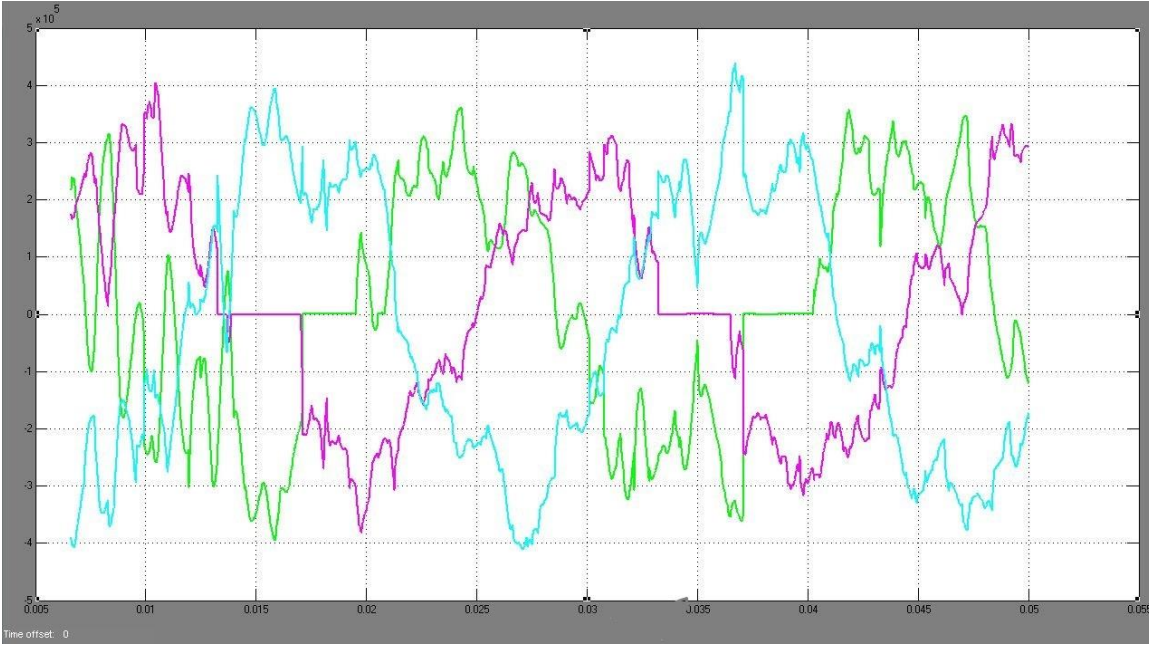
أجهزة الـ Reactors تستخدم لتنعيم موجة جهد الخرج النهائية، وكذلك تستخدم لمنع توافقيات التيار

المستمر الناتجة من خط النقل DC من الرجوع والتأثير على نظام الـ A

(A) شكل موجة جهد الخرج الناتجة بعد إزالة أجهزة الـ Reactors.

نلاحظ أن موجة جهد الخرج تحتوي على تشوه كبير جداً نتيجة لتأثير إزالة الـ Reactors كما

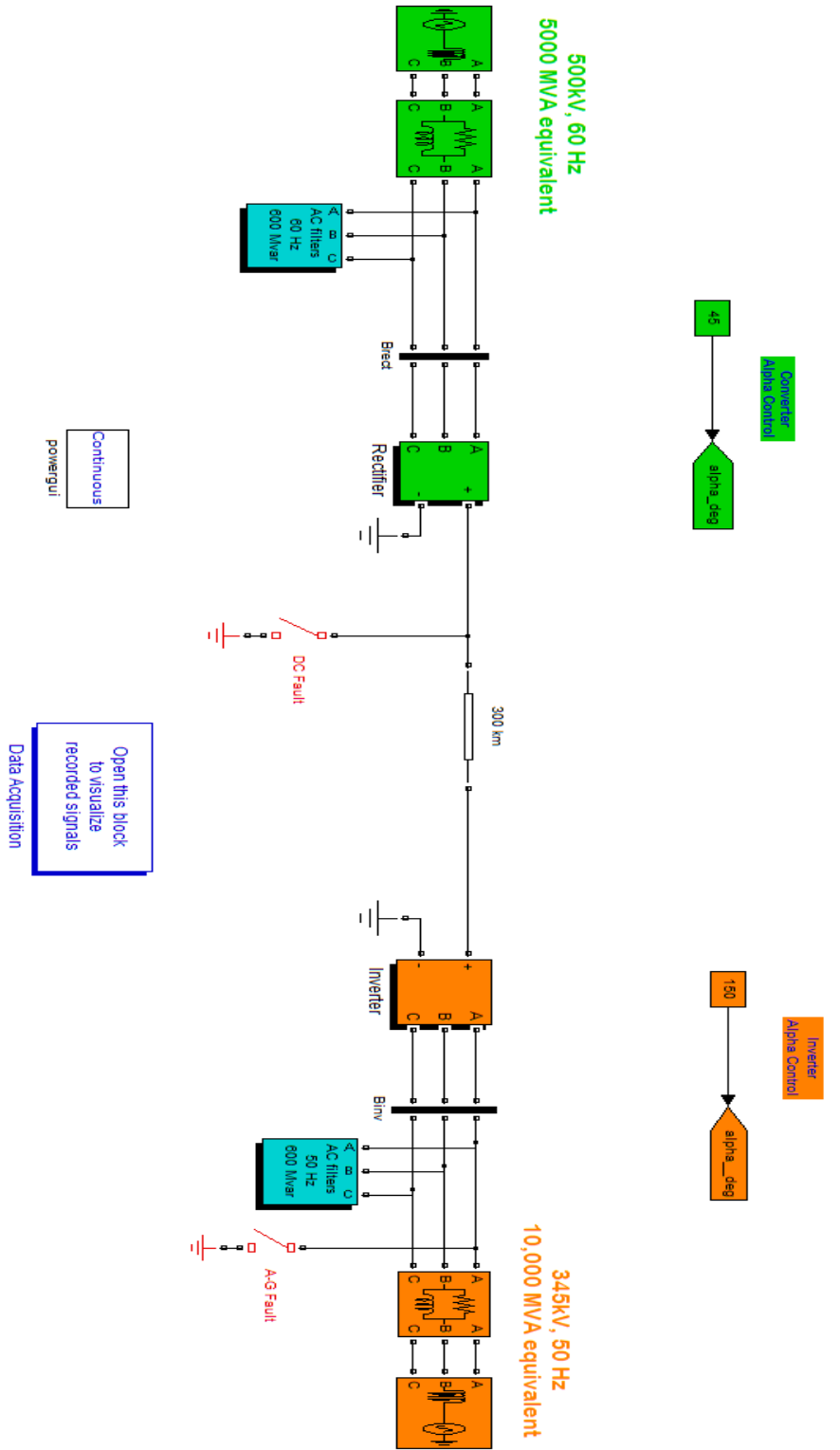
بالشكل (6-4).



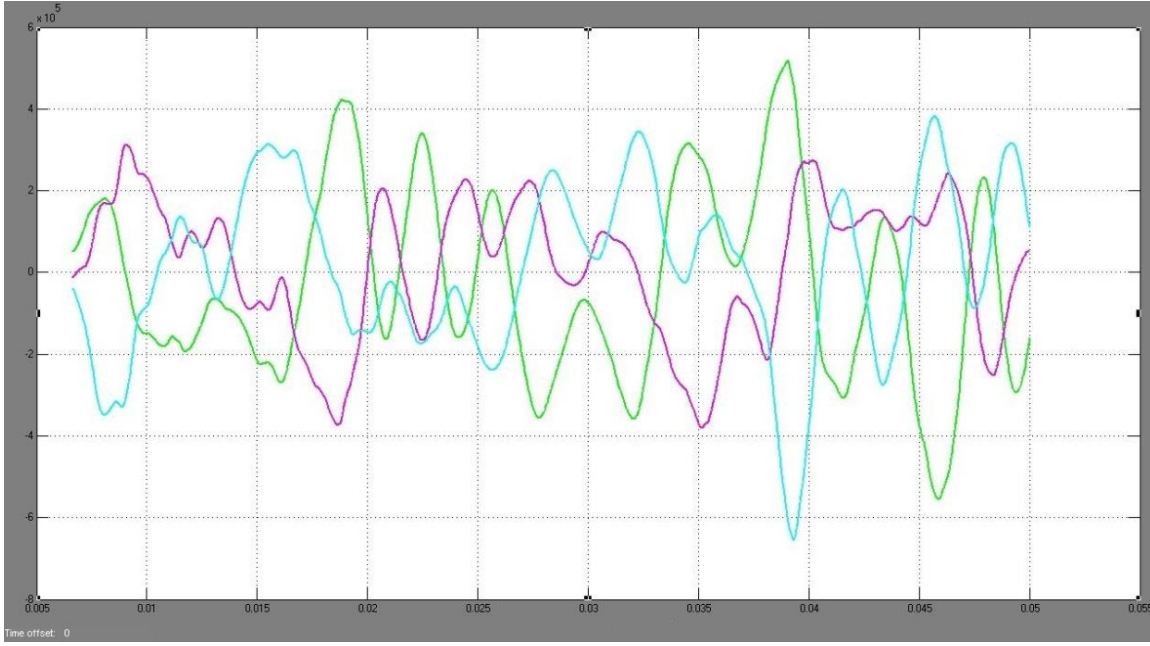
الشكل (6-4) يوضح موجة جهد الخرج بعد إزالة الـ Reactors

(B) تأثير إزالة الـ Reactors على أنظمة AC:

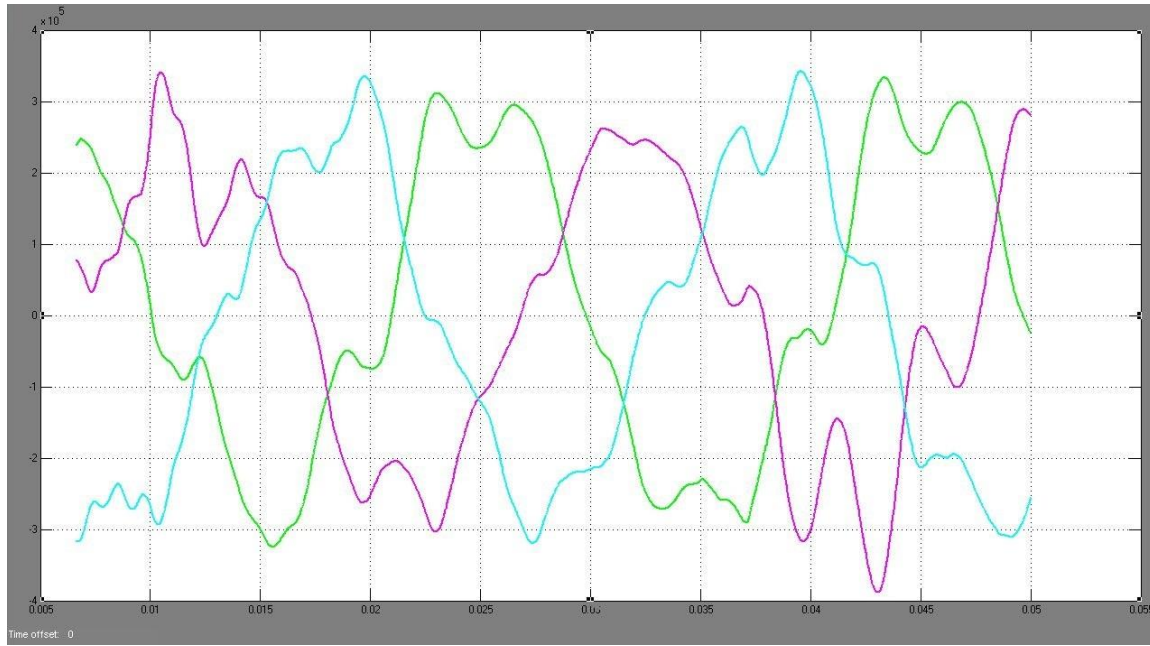
- يؤثر على استقرارية أنظمة AC.
- تشوه شكل موجة أنظمة AC نتيجة للتوافقيات Harmonics الناتجة من الـ DC.
- كما بالشكل (7-4) و (8-4)



الشكل (5-4) يوضح وصف النظام بعد ازالة ال Reactor



شكل (7-4) يوضح تأثير إزالة ال Reactors علي نظام AC 1



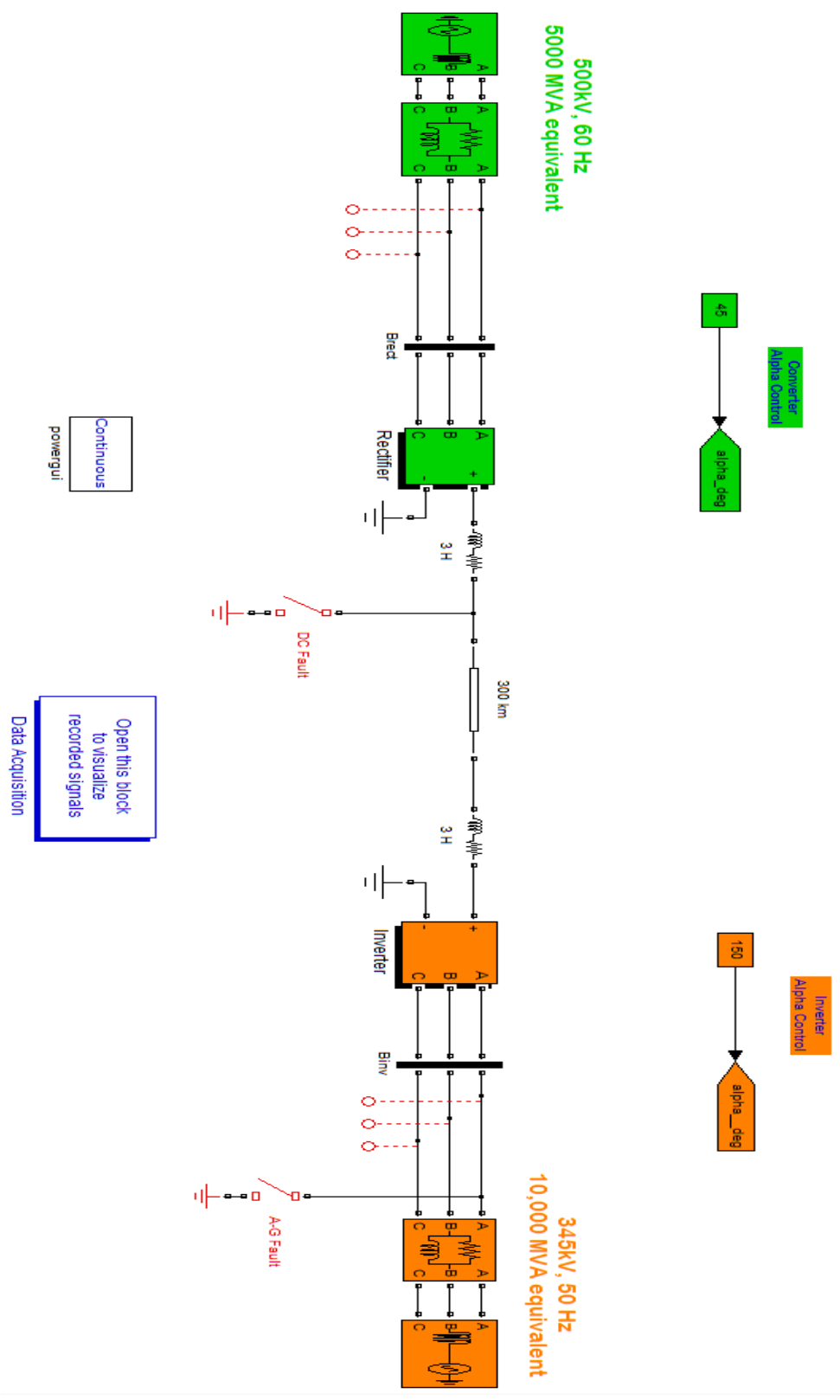
الشكل (8-4) يوضح تأثير إزالة ال Reactors علي نظام AC 2

(3-4-4) أداء النظام عند إزالة المرشحات Filters:-

الشكل (9-4) يوضح وصف النظام بعد إزالة المرشحات .

مهمة مرشحات AC filters هي منع التوافقيات الناتجة من تيارات DC من الرجوع والتأثير على

أنظمة AC.

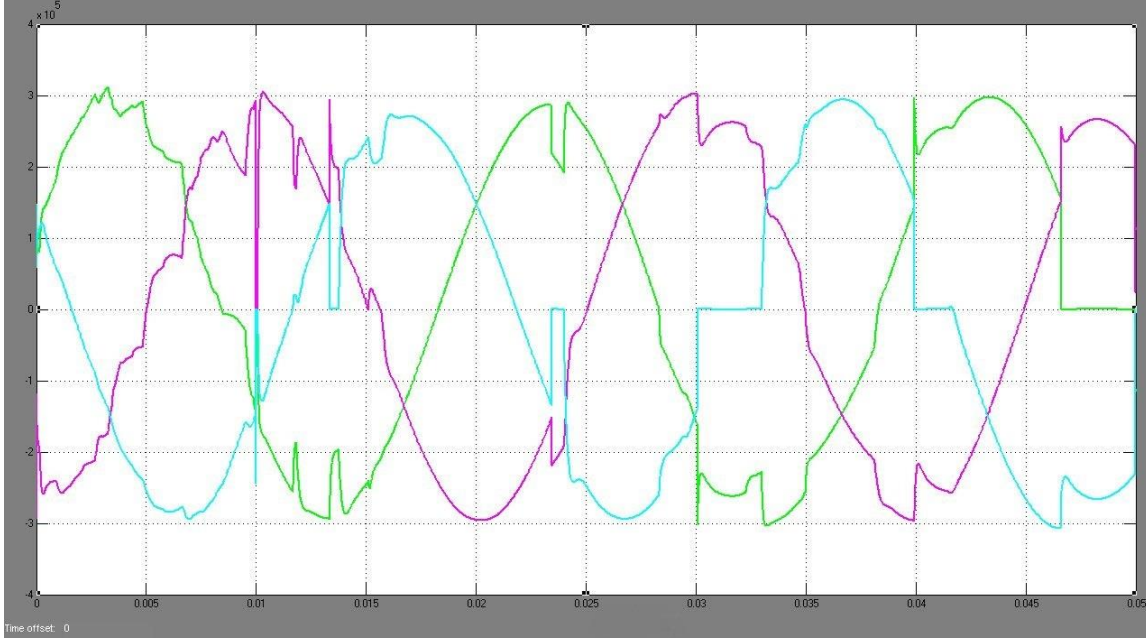


الشكل (9-4) يوضح وصف النظام بعد ازالة المرشحات Filter

شكل موجة جهد الخرج الناتجة بعد إزالة AC filters.

موجه الخرج تحتوي على تشوه كبيرة وعدم استقرارية من القيمة وكذلك تحتوي تموج Ripple كبير

كما بالشكل (10-4).



الشكل (10-4) يوضح موجة الخرج الناتجة بعد إزالة AC filters

(A) تأثير إزالة المرشحات Filters على أنظمة AC:

الشكلين (11-4) و (12-4) يوضحان وجود تشوه من موجة أنظمة AC مما يعني أن إزالة

المرشحات تؤدي إلى دخول التوافقيات Harmonics إلى الأنظمة مما يؤثر على إستقراريتها.

(4-4-4) سلوك النظام عند وجود DC fault:

عطل خط DC (DC line) هو وجود Line to ground fault يكون ذلك عن طريق تطبيق

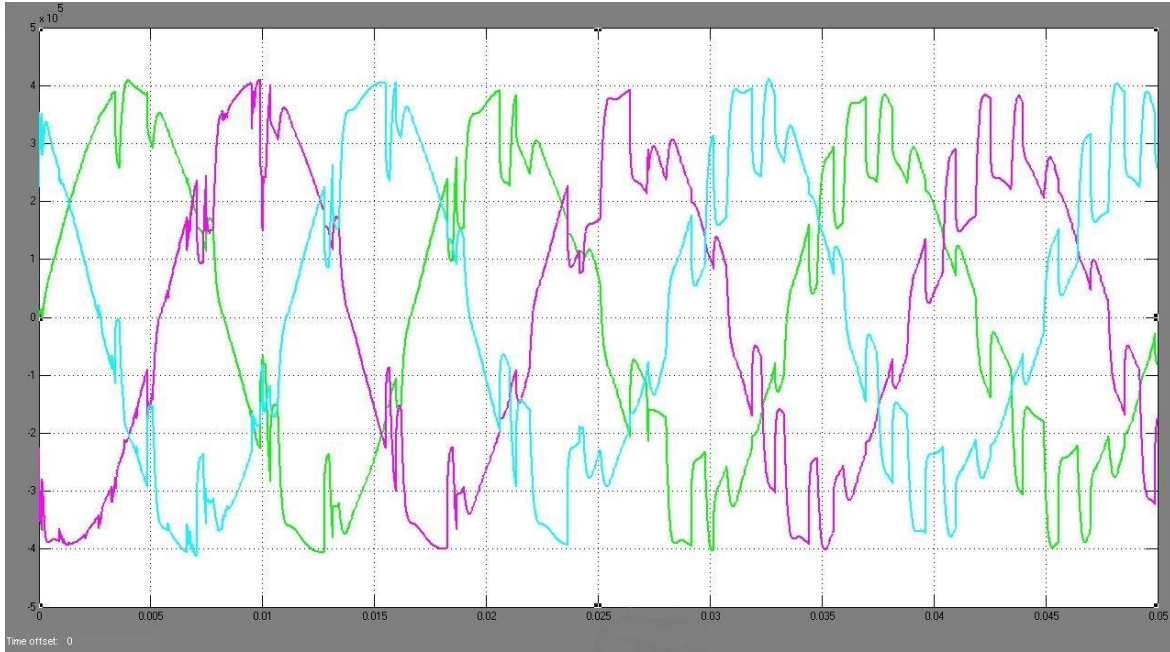
العطل كما هو موضح بالشكل (13-4).

نتيجة لحدوث DC faults يحدث الآتي:

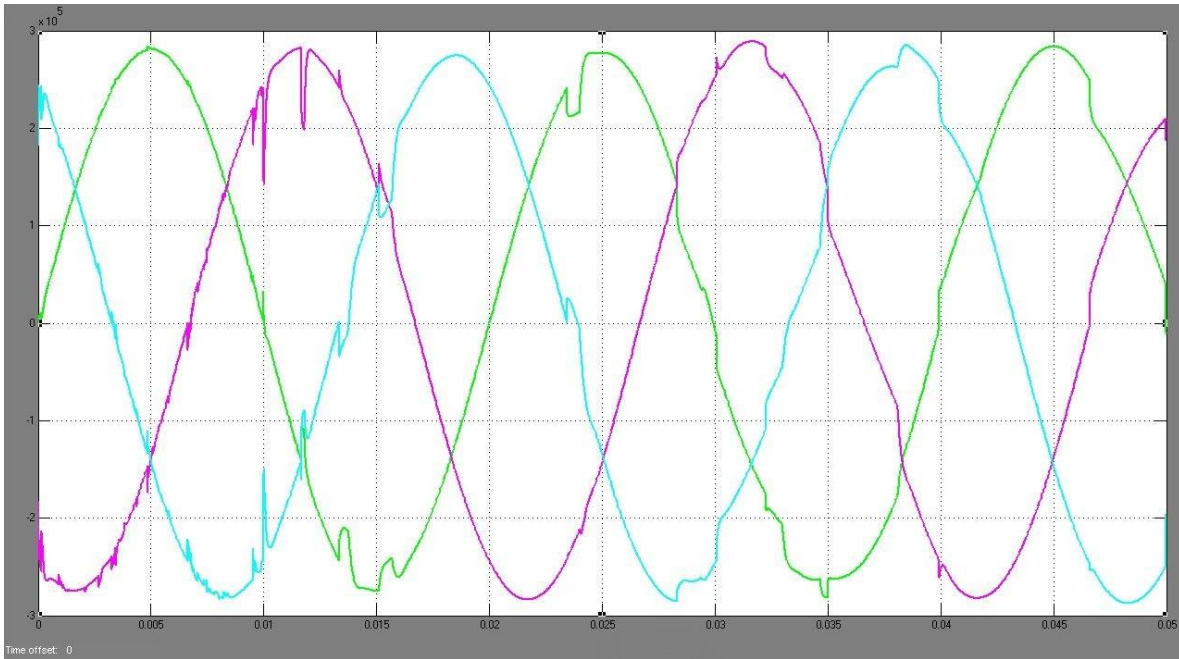
1- زيادة تيار DC إلى نسبة تصل إلى ضعفي التيار المقنن.

2- جهد الـ DC من Converter المقوم يقترب من الصفر كما بالشكل (14-4).

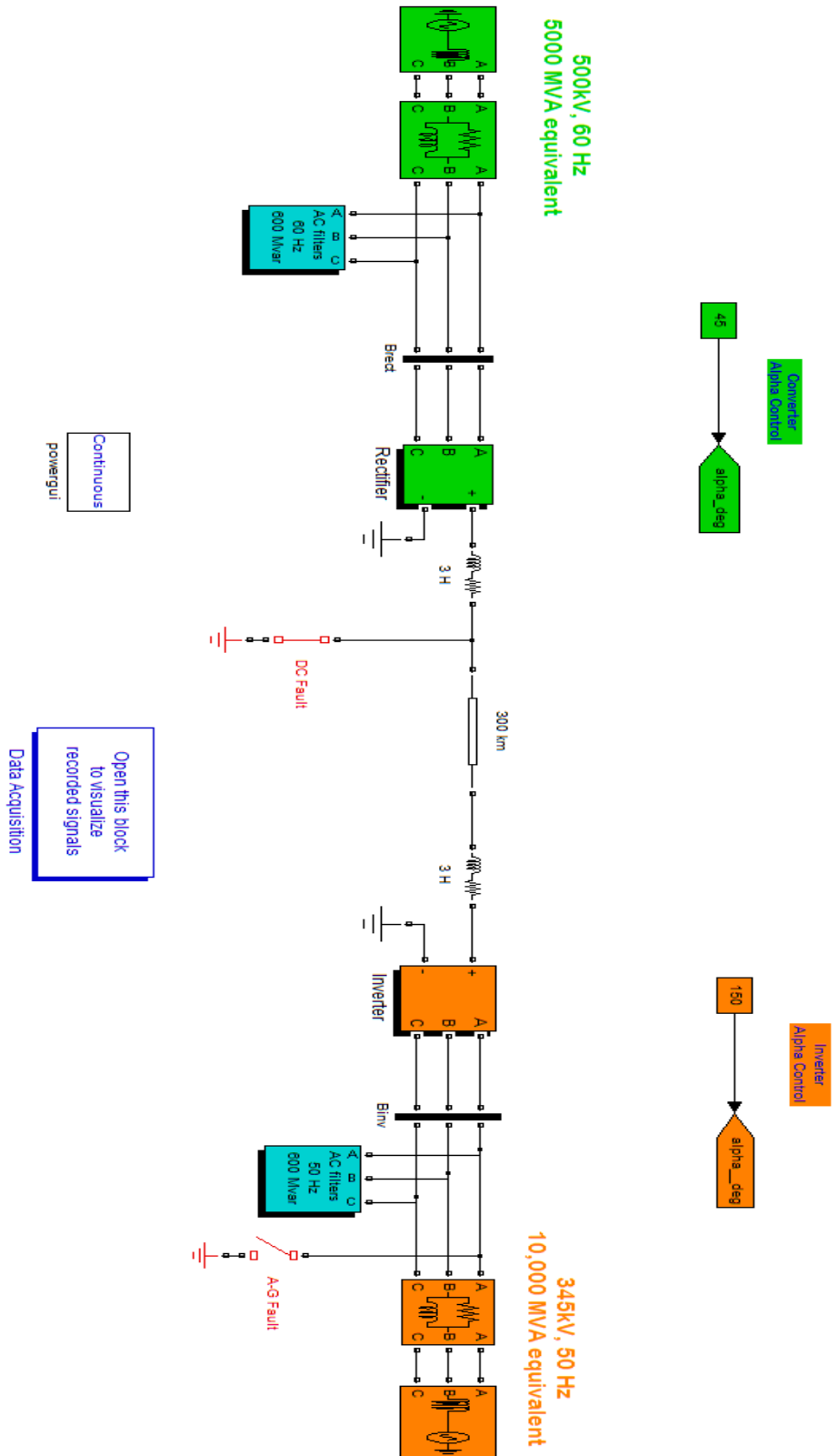
3- يؤثر على إستقرارية النظام الـ AC كما بالشكل (4-15).



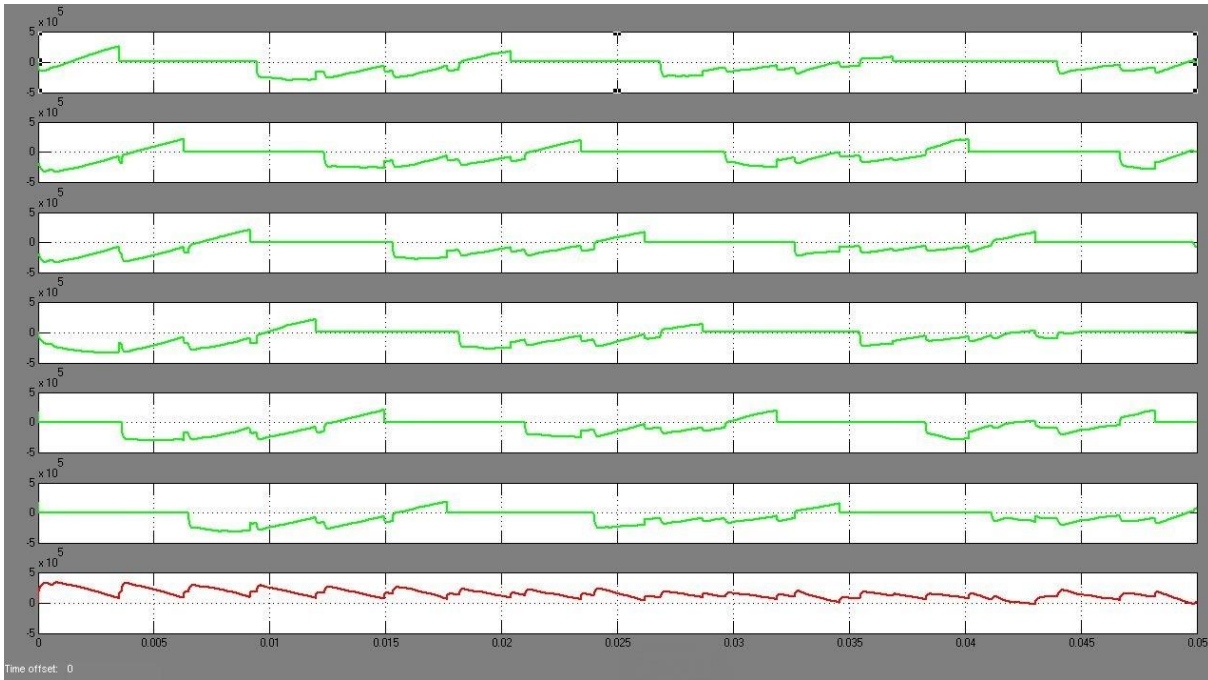
الشكل (4-11) يوضح تأثير ازالة المرشحات علي نظام AC1



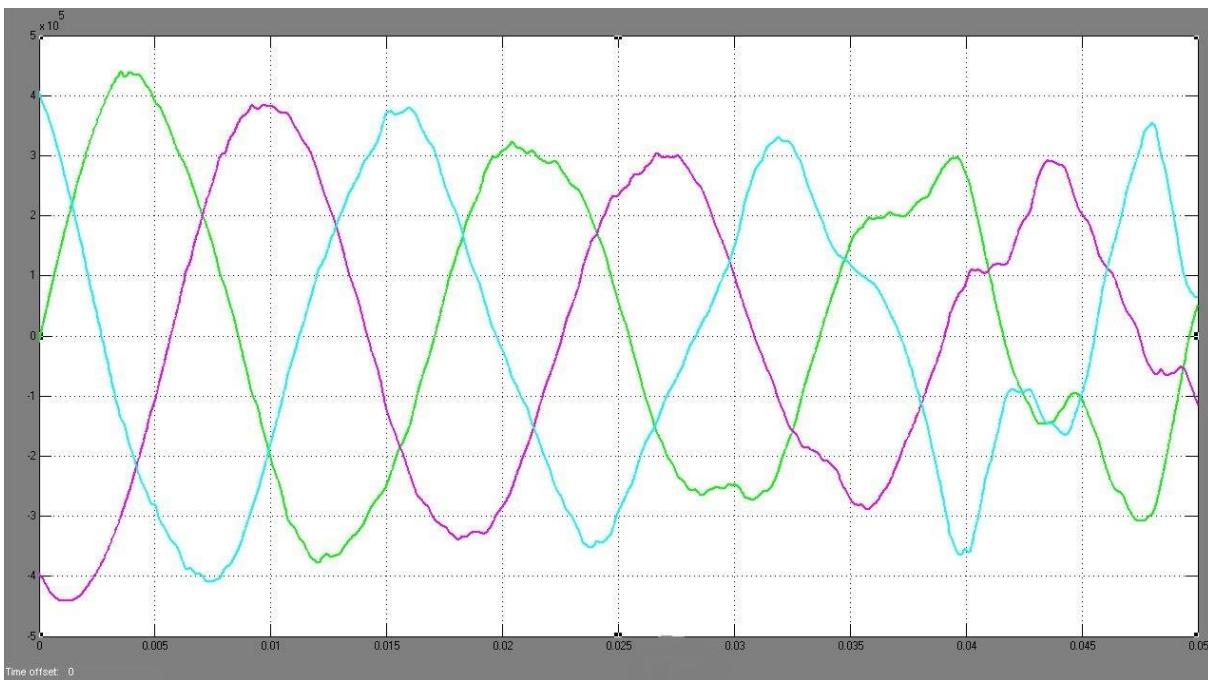
الشكل (4-12) يوضح تأثير إزالة المرشحات علي نظام AC



الشكل (4-13) يوضح وصف النظام عند وجود DC fault



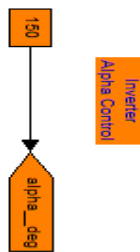
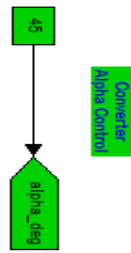
الشكل (4-14) يوضح موجة جهد الخرج المقوم عند وجود DC fault



الشكل (4-15) موجة جهد الخرج العاكس ثلاثي الطور عند وجود DC fault

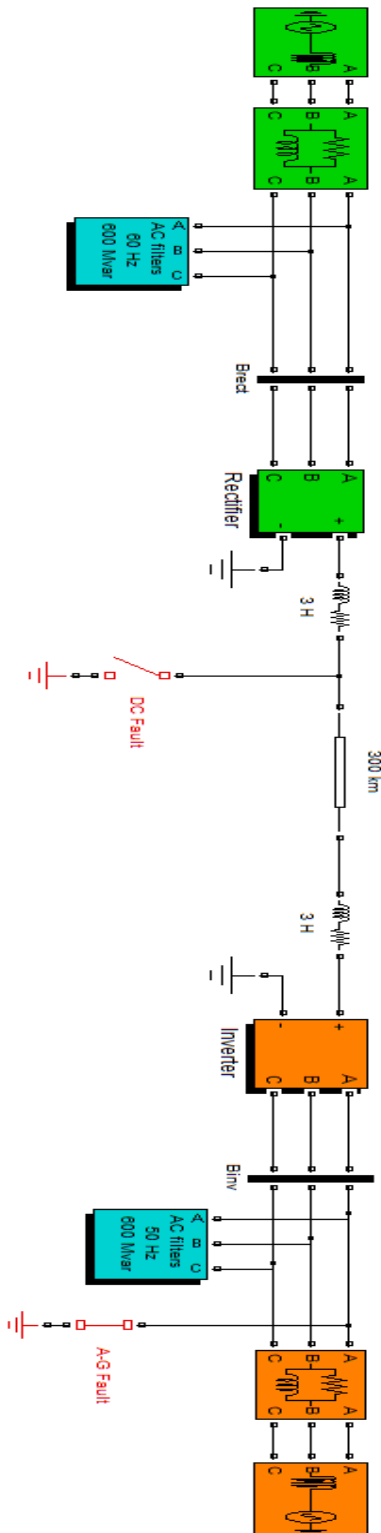
(5-4-4) سلوك النظام عند وجود AC fault.

نوع عطل في نظام AC هو عطل مع الأرضي AC line to ground fault كما بالشكل 4-4-



500kV, 60 Hz
5000 MVA equivalent

345kV, 50 Hz
10,000 MVA equivalent



Continuous
powergui

Open this block
to visualize
recorded signals

Data Acquisition

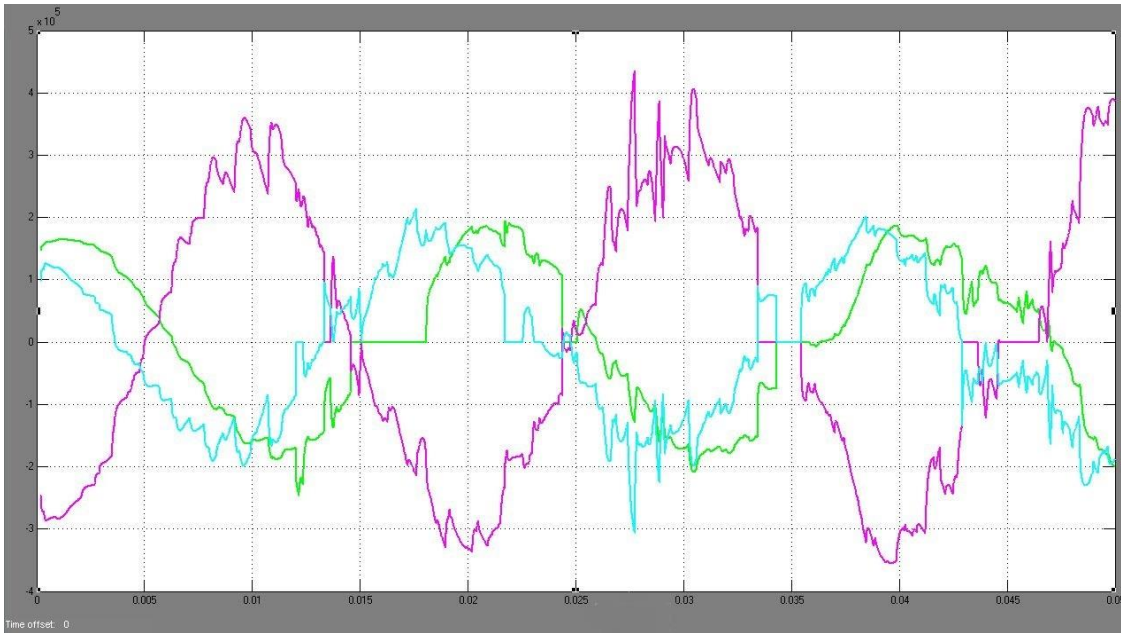
الشكل (16-4) يوضح وصف النظام عند وجود AC fault

ونجد من الشكل (4-16) أن:

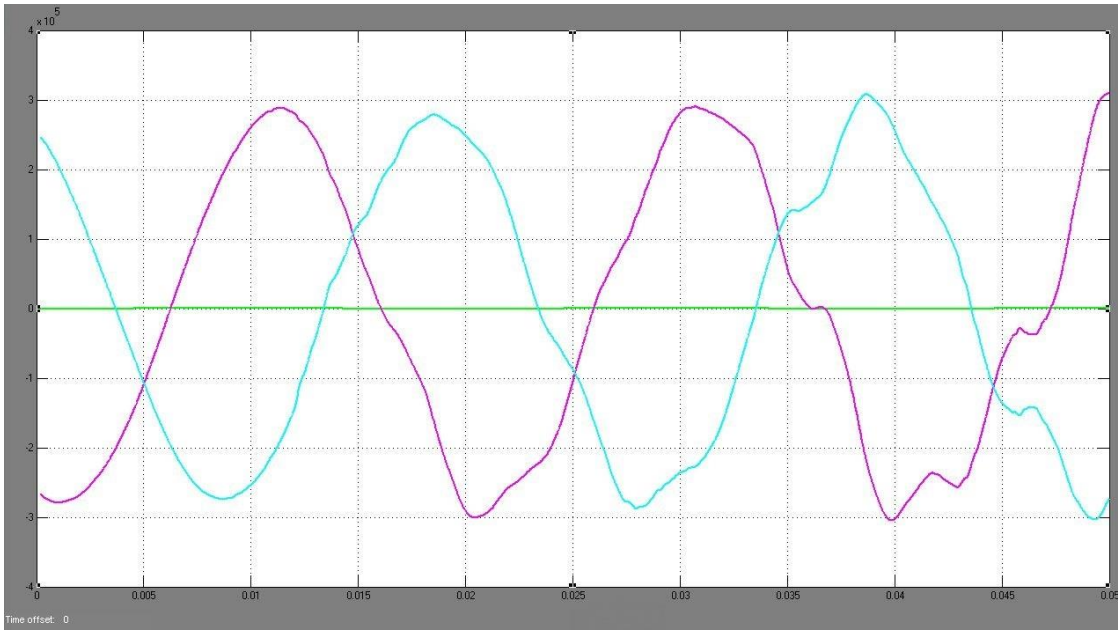
- حدوث فشل في إخماد الثايرستورات Commutation failure في جانب العواكس inverter في بداية حدوث العطل.
- فشل الإخماد يحدث نتيجة لفشل العاكس (الصمام) من السيطرة واللاحاق بالتيار المستمر قبل أن يعكس جهد الإخماد قطبيته.
- النتيجة تكون أن الجهد المستمر خلال القنطرة المتصلة مع الخط الذي حدث فيه العطل تكون صفراً.
- زيادة في التيار المستمر بمقدار الضعف $2 p.u$.
- يؤثر على إستقرارية نظام AC الذي حدث به العطل.

والشكلين (4-17) و(4-18) يوضحان هذه التأثيرات على الخرج النهائي من العواكس وخرج النظام

AC system2 على التوالي



الشكل (4-17) يوضح التأثير على الخرج النهائي من العاكس عند وجود AC fault



الشكل (4-18) يوضح موجة خرج نظام AC 2

الفصل الخامس

المقدمة والنوحيات

الخاتمة والتوصيات

(1-5) الخاتمة :

إن تقنية HVDC أحدثت طفرة ونقله نوعية في نقل الطاقة الكهربائية بعد التطور الكبير الذي حدث في أجهزة إلكترونيات القدرة Power Electronic Devices ومقدرتها على الفتح On والقفل Off بصورة دقيقة وفعالة، وكذلك استخدام HVDC يحسن من استقرارية الشبكة وينقل القدرة بكفاءة عالية في هذه الحالات :

خطوط نقل قدره خلال مسافات طويلة، ربط المناطق البعيدة والمعزولة، ربط الأنظمة غير المتزامنة، تحسين الطاقة المنتجة بواسطة الرياح Wind Power.

البحث أيضاً يحتوى على مقارنة بين نظام HVAC و HVDC ولخص سلبيات ومميزات البحث أيضاً يقدم أيضاً تقييماً لبعض الأعطال الشائعة مثل AC Fault و DC Fault في نظام HVAC وكذلك قدم إيجابيات استخدام HVDC تقنياً وبيئياً واقتصادياً.

البحث يقدم أيضاً تقييماً لبعض الأعطال الشائعة مثل AC Fault و DC Fault في نظام HVDC وتأثيرها على النظام ونجد أن كل النوعين له تأثير واضح على استقرارية النظام لذلك يجب تحسين نظم الحماية والتحكم في نظام HVDC بصورة أكبر منها في نظام HVAC.

وإحدى مساوئ HVDC هي زيادة الفقد في عمليات التقويم والتحويل Conversion التي تحدث عند المقوم والعاكس.

(2-5) التوصيات :

(1-2-5) التوصية الأولى:-

تحسين خرج النظام باستخدام تقنية تعديل عرض النبضة (PWM) ، واستخدام أشباه موصلات من نوع IGBT لوحدة المقوم والعاكس ، واستخدام تقنية مقوم جهد المصدر (VSC) وذلك للحصول على خرج أفضل وأقل تموجاً وتحسين التحكم في النظام.

(2-2-5) التوصية الثانية :

1- تصميم نظام تحكم للنظام (Control System) وخاصة استخدام وحدة تحكم متكاملة (Controller) للتحكم في زوايا الإشعال وتغييرها تلقائياً حسب الظروف.

2- تصميم نظام حماية (Protection System) في الظروف العادية وغير العادية خاصة عند:-

أ- وجود (DC fault) بحيث يعدل النظام تلقائياً قيم زوايا الإشعال والإخماد حتى لا يحدث انخفاض في الجهد ولا تتأثر أنظمة AC

ب- وجود (AC fault) بحيث يعمل نظام الحماية تلقائياً عند وجود هذا العطل ويزيد أو يقلل زوايا الإشعال أو يفصل النظام عن العمل (Shut down) حتى يتم تقادي التأثيرات الناتجة عن هذا العطل والمذكورة آنفاً في التحليل .

(3-2-5) التوصية الثالثة:-

استخدام تقنية HVDC في ربط مزرعة رياح (Wind Farm) بشبكة الكهرباء كأحد التطبيقات المهمة لل HVDC في مجال الطاقة المتجددة وذلك لاستغلال المساحات الشاسعة في السودان والاستفادة من الموارد المتجددة في هذا البلد مثل الرياح

(4-2-5) التوصية الرابعة:-

1- استبدال خط النقل HVAC الذي يربط بين السودان وإثيوبيا بخط نقل HVDC وذلك لعزل الشبكتين وعدم تأثرهما بأي نوع من عدم الاستقرار

2- استخدام خط نقل HVDC في الربط المقترح بين السودان ومصر وذلك لنقل أكبر كمية من الطاقة الكهربائية وبكفاءة أعلى وعزل الشبكات عن بعضها البعض.

المراجع والمصادر

[1] J. Arrillaga, High Voltage Direct Current Transmission, 2nd Edition,
The Institution of Electrical Engineers, UK, 1998, ISBN 0-85296-941-4

[2] HVDC Transmission **Vijay K. Sood, Ph.D.**

Hydro-Quebec (IREQ), 1800 Lionel
Boulet, Varennes, Quebec,
Canada

[3] **HVDC Transmission**

by

Dennis A. Woodford

Manitoba HVDC Research Centre
400-1619 Pembina Highway
Winnipeg, Manitoba, R3T 3Y6
Canada

[4] **High Voltage Direct Current (HVDC) Transmission Systems by**

Roberto Rudervall & J.P. Charpentier & Raghuvveer Sharma

ABB power Systems World Bank ABB Financial Services

Sweden United States Sweden

[5] **HVDC Transmission by Michael Bahrman, P.E.**

IEEE PSCE

Atlanta, November 1, 2006

[6] **Siemens HVDC & FACTS**

Innovations and Projects

EPRI Conference, October 2010 in Palo Alto

Volker Hild, Jeff Vivian

[7] IEC Committee SC22F, Terminology for high-voltage direct current transmission,
IEC reference number 22F/37/CDV.

[8] O.C. Norris-Elye, N. Tarko and C.V. Thio, *Nelson River HVDC Transmission Lines
External Electrical Effects*, Final Report No. E4.55.4, Manitoba HVDC Research
Centre, June 1995.

والله اعلم

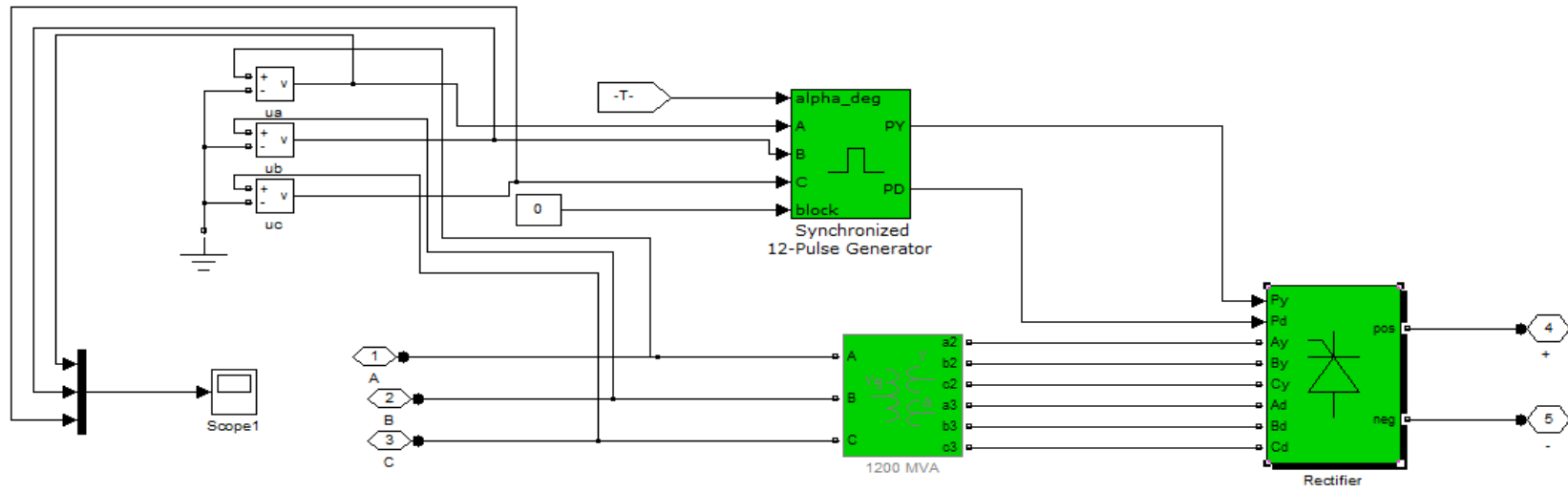


Fig 1

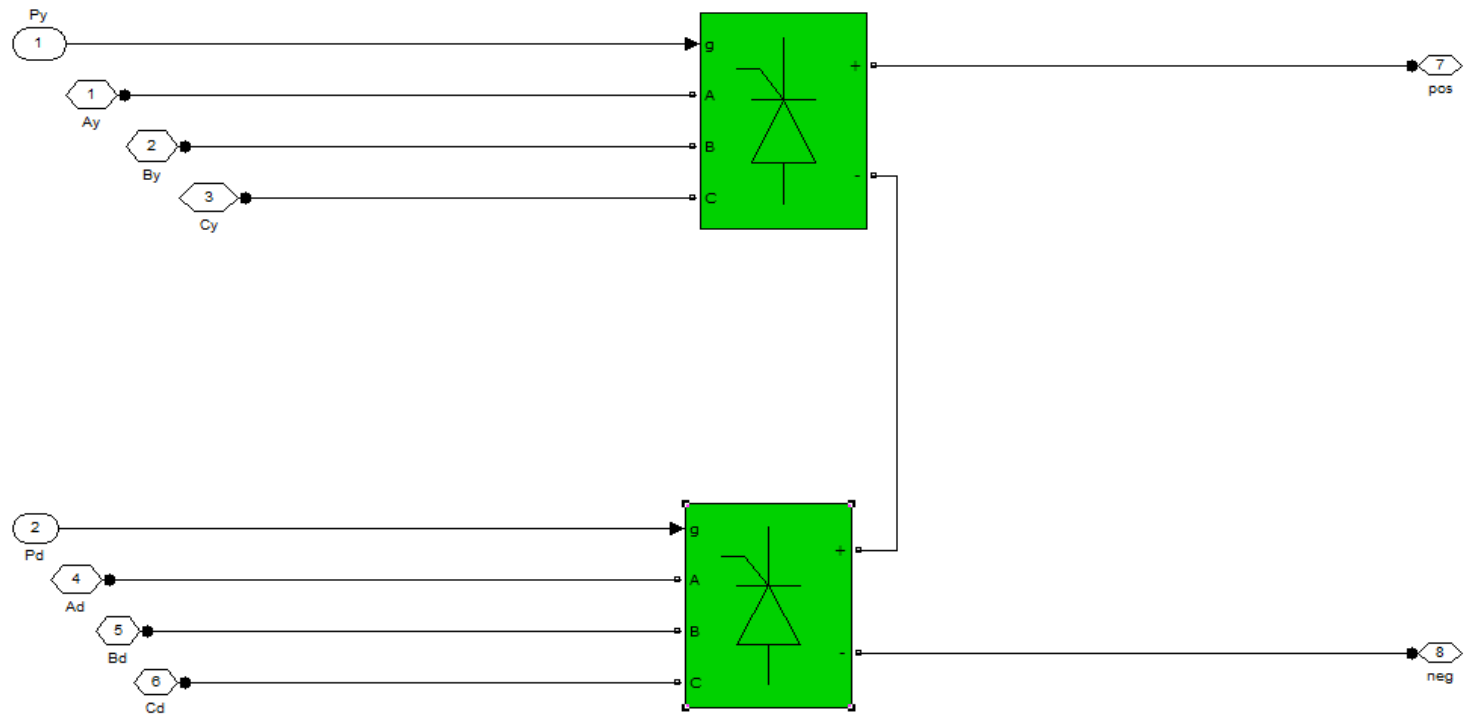


Fig 2

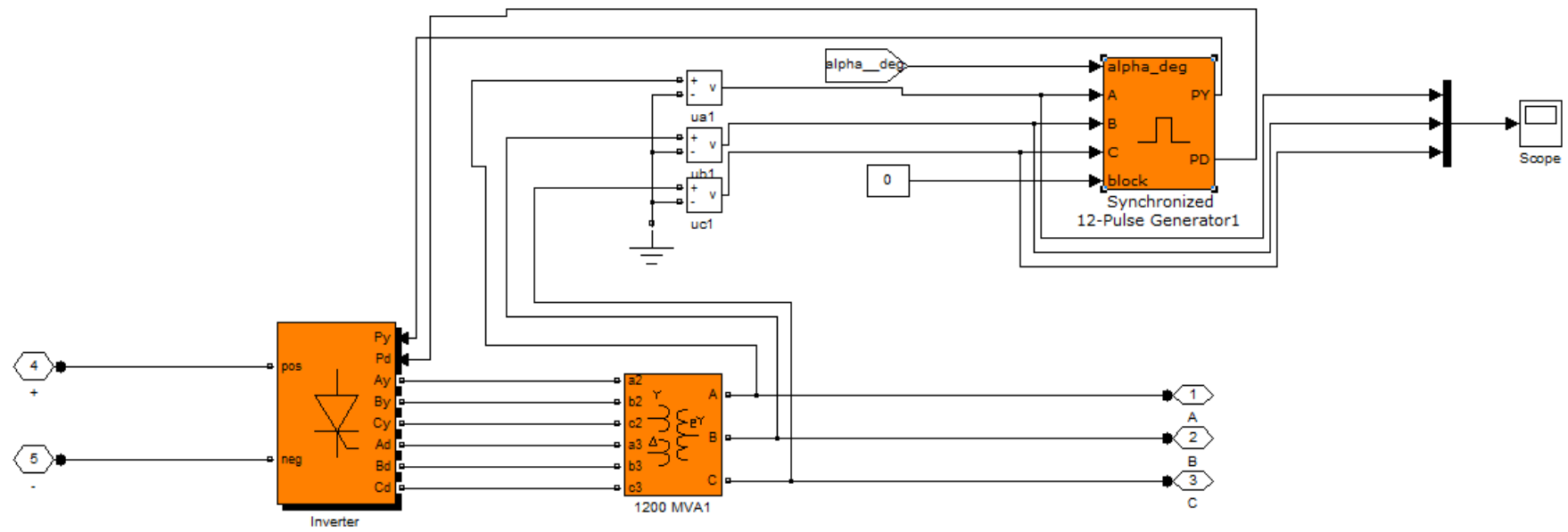


Fig 3

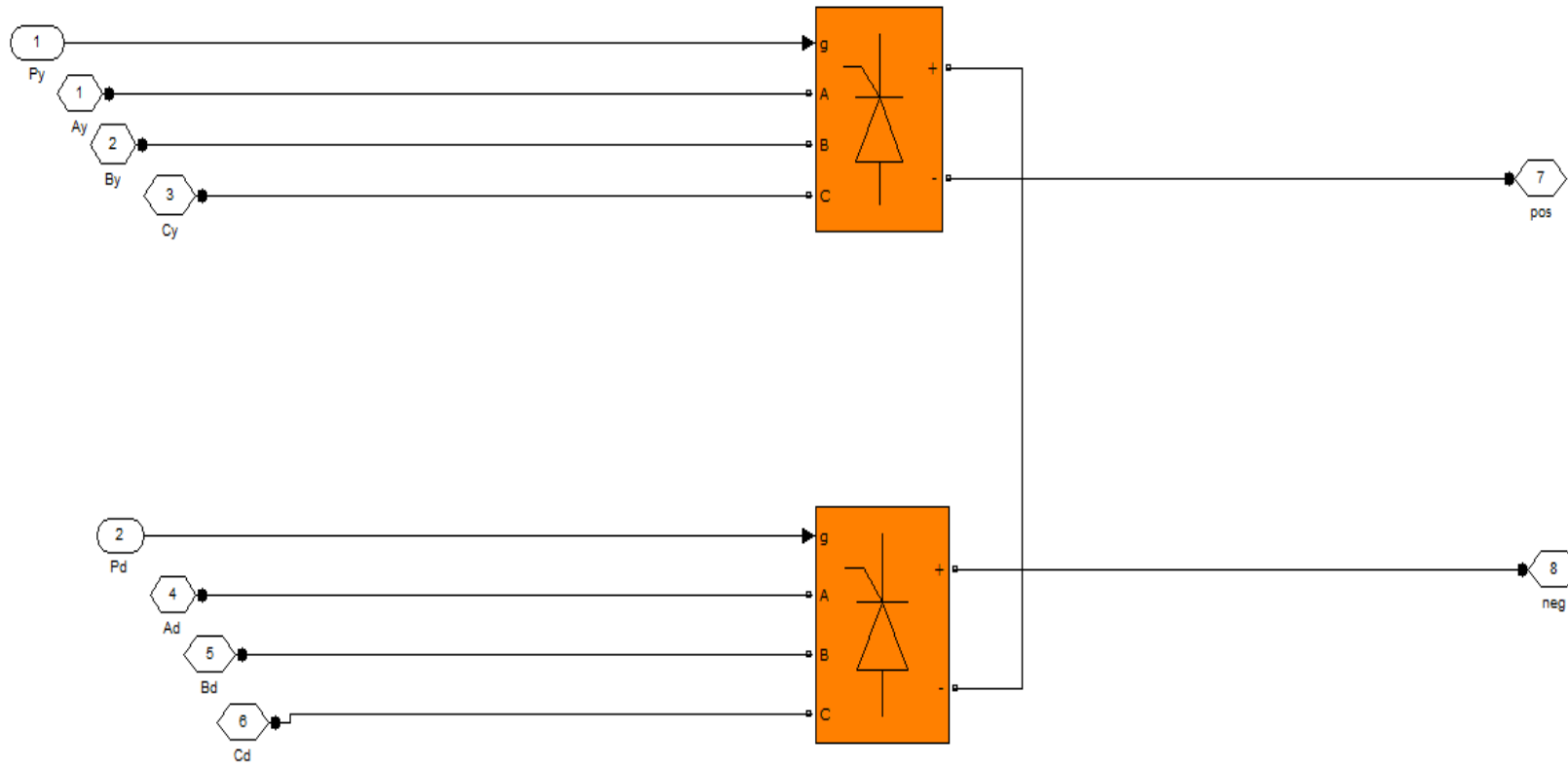


Fig 4

