

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL
NAZİRLİYİ**

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

**Əliyev H.S., Qardaşov S.Q., Vahabzadə İ.M.,
Mənafov Ə.Ş.**

**GÜC ELEKTRONİKASI VƏ
ELEKTRİK İNTİQALININ İDARƏ
EDİLMƏSİ**

fənnindən laboratoriya işləri

(*metodik göstəriş 2*)

*Azərbaycan Texniki Universitetinin
_____tarixli _____saylı əmri ilə
metodik vəsait kimi təsdiq edilmişdir*

Bakı – 2017

UOT 621.34

Elmi redaktor:

Y.B. Musayev

H.S. Əliyev, S.Q.Qardaşov, İ.M. Vahabzadə, Ə.Ş. Manafov

“Güc elektronikasısı və elektrik iniqalının idarə edilməsi” fənnindən laboratoriya işləri. ; Azərbaycan Texniki Universiteti. – Bakı 2017. 86 səh.

Metodiki göstərişdə qısa formada əsas anlayışlar və qurğuların realizə olunmasının sxemləri göstərilməklə yarımkeçirici güc çeviricilərinin nəzəri məsələləri şərh edilir. *MatLab-Simulink* paketlərinin, *Power System Processing*, *Signal processing Toolbox genişləndirmə* sistemləri paketləri verilmiş, modellərin qurulması üsulları izah edilir. Metodiki göstəriş “Elektromexanika və elektik avadanlığı “ kafedrasında hazırlanmış, baxılan fənnin proqramına uyğundur və 050626 “Elektrik mühəndisliyi” (İxtisaslaşma: Nəqliyyat vasitələrinin elektrik avadanlığı və elektronikasısı) ixtisası üzrə bakalavr pilləsində tədris edilən “Güc elektronikasısı və elektrik intiqalının idarə edilməsi” fənnindən laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsinə aid metodiki göstəriş kimi tövsiyyə olunur.

Rəyçilər

Az.İMU-nun “ İnformasiyalar texnologiyası” kafedrasının dosenti,
t.e.n.

Hacıyev A.M.

Az. TU-nun “ Elektrotexnika”
Kafedrasının dosenti t.e.n.

Hüseynov A.M.

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ.....	4
1. Matlab. SİSTEMLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ VƏ SİQNALLARIN EMAL EDİLMƏSİ.....	5
1.1 <i>Simulinq və Power System blokset virtual paketləri.....</i>	<i>5</i>
1.2 Modellərin hazırlanması.....	8
1.3 <i>Signal Processing Toolbox (SPTool) paketi.....</i>	<i>9</i>
2. LABORATORİYA İŞLƏRİ.....	14
Laboratoriya işi № 1	
BİRFƏZALI İKİYARIMPERİODLU DÜZLƏNDİRİCİNİN TƏDQIQI.....	14
Laboratoriya işi № 2	
ÜÇFAZALI İKİYARIMPERİODLU KÖRPÜ DÜZLƏNDİRİCİSİNİN TƏDQIQI.....	27
Laboratoriya işi № 3	
BİRFƏZALI İDARƏOLUNAN KÖRPÜ DÜZLƏNDİRİCİSİNİN TƏDQIQI.....	36
Laboratoriya işi № 4	
ÜÇFAZALI İDARƏOLUNAN DÜZLƏNDİRİCİNİN DÜZLƏDİRİCİ VƏ İNVERTOR REJİMLƏRİNDƏ TƏDQIQI.....	49
Laboratoriya işi № 5	
SİMMETRİK İDARƏETMƏ QANUNLU KÖRPÜ ENİNƏ-İMPULS ÇEVİRİCİSİNİN TƏDQIQI.....	62
Laboratoriya işi № 6	
SİMMETRİK İDARƏOLUNAN BİRFƏZALI KÖRPÜ İNVERTORUNUN TƏDQIQI.....	73
ƏDƏBİYYAT.....	85

GİRİŞ

Müasir dövrdə güc elementinin seçilməsi imkanlarının genişlənməsi ilə əlaqədar güc çeviriciləri sahəsində nəzərəçarpan dəyişiklər baş vermişdir. Ona görə ali məktəblərdə tədris elektrik enerjisinin güc çeviricilərinin tədrisində tədris planlarının, tədris-metodiki ədəbiyyatının dəyişdirilməsi lazım gəlir. Güclü, cəldtəsirli tranzistorlarının hazırlanmasında *MOSFET* və *IGBT* texnologiyalarının yaranması ilə tiristorlu qurğular sıxışdırılaraq aradan çıxardılır. 1800 A-ə qədər cərəyanların və 4.5 kV-a qədər gərginliklərin kommutasiyaedilmə imkanı güc açarları kimi tranzistorların tətbiqini cəlbəedici edir.

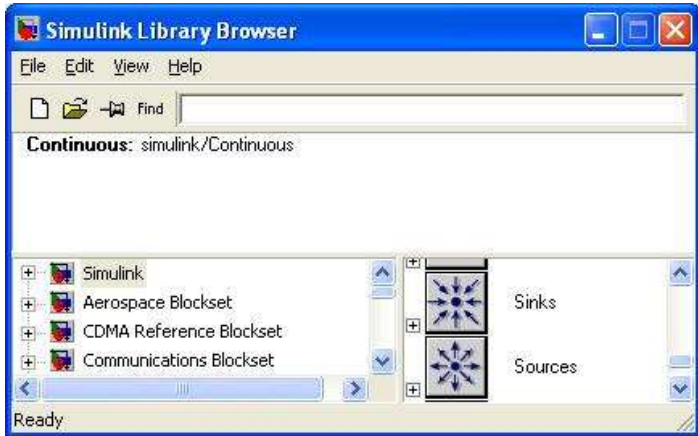
“Elektrik enerjisinin güc çeviriciləri” üzrə virtual laboratoriya praktikumu özündə ənənəvi güc qurğularını (tiristorları) və *IGBT* tranzistorlarının tətbiq olunduğu açarları birləşdirir. Çeviricilərin yük, tənzimləmə və energetik xarakteristikaların alınması imkanı virtual laboratoriya praktikumu vasitəsi ilə iqtisadi planda problemləri həll etməyə imkan verir və onlar fiziki stendlərdə laboratoriya işlərini tamamlayır.

Baxılan virtual laboratoriya praktikumu “Güc elektronikasi və elektrik intiqalının idarə edilməsi” fənninin əsas hissələrini əhatə edir və uyğun fənnlərin proqramının əsas bölmələrinin öyrənilməsinə kömək edir. Metodik göstərişin əksər bölmələrində qısa nəzəri məlumat verilir, ona görə tələbələr dərslə hazırlaşdıqda dərsləyin uyğun bölmələrini öyrənməlidirlər.

1. *MatLab* SİSTEMİN MODELƏŞDİRİLMƏSİ VƏ SİQNALLARIN EMALI

1.1 *Simulink* və *Power System Blockset* virtual paketləri.

MatLab sisteminin adı *Matrix Laboratory* birləşməsindən olub, verilənlərin emalına əsaslanmışdır (matris və vektor). *MatLab* sisteminin genişləndirilmiş versiyasının tərkibinə dinamik sistemləri modelləşdirmə paketi— *Simulink* daxildir. *Simulink* kitabxanası vizual obyektlərdən ibarət olub, istənilən energetika sistemini praktik olaraq tədqiq etmək olar.



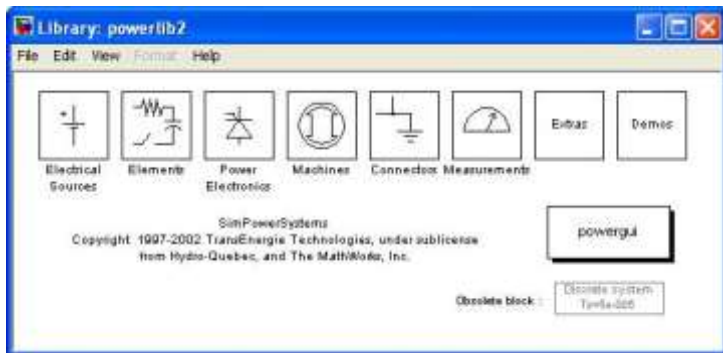
Səkil 1.1.1

MatLab-ın işəsalınmasından və alətlər panelində *New Simulink Model* düyməsinin sıxılmasından sonra *Simulink* paketinin komponentlərinin əsas palitra pəncərəsi açılır (şəkil 1.1.1). Şəkil 1.1.1-dən görüldüyü kimi qrafik elementlər kitabxanasının tərkibinə aşağıdakılar aiddir:

- *Sources* – siqnal mənbələri və təsirlərin siyahısı olan pəncərənin açılması;

- Sinks* – qeyd komponentlərinin siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Continuous* – xəttlə elementlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Discrete* – diskret komponentlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- *Math* – riyazi komponentlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Nonlinear* – qeyri-xətti komponentlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Connections* – qoşulma komponentlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Signals & Systems* – signal və sistem komponentlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Subsystems* – altsistemlər siyahısı olan pəncərənin açılması;
- Functions & Tables* – funksiyalar və cədvəl komponentlər siyahısı olan pəncərənin açılması.

Hər bir qrafik elementlə parametrlər paneli əlaqələnməmişdir. Bu pəncərənin açılması üçün lazım olan elementin təsvirinə iki dəfə tıklamaq lazımdır.



Şəkil1.1.2

Proqramın əlavə paketləri enerji sistemlərinin layihələndirilməsinin bütün problemlərini əhatə edir.

Elektrik enerji güc çeviricilərinin tədqiqi üçün *Power System Blockset* paketi əsas rol oynayır. Onun tərkibində olan *Powerlib2* kitabxanası şəkil 1.1.2-də göstərilmişdir. Ona aiddir:

-*Electrical Sources* –sabit və dəyişən cərəyan və gərginliyin idarə edilən və idarə edilməyən mənbələri;

-*Elements* – ardıcıl və paralel passiv elementlər, bu elementlərin parametrləri verilə bilər, aktiv və reaktiv gücün qiymətləri verilə bilər. Həmçinin xətti və neytrallaşdırıcı transformatorlar, qarşılıqlı induktivlikli blok, pik gərginliklər məhdudlaşdırıcısı, idarə edilən açar və mərkəzi və paylanmış parametrlər aiddir;

-*Power Electronics* – güc elektronikasının komponentlərinin kitabxanası. *Universal Bridge* universal bloku müxtəlif yarımkeçirici çeviricinin yeddi eyni güc elementlərindən və modelindən ibarətdir. Modelin güc çıxışlarına qoşulan Bütün modellər ardıcıl RC dövrəsində gərginlik sönməsinin imitasiyasına malik olur.

-*Connectors* – qoşulma qurğusu. *Power System Blockset* kitabxanasının giriş və çıxış modelləri arasında əlaqə elementləri;

-*Machines* – elektrik maşınları;

-*Measurements* – ölçmə və nəzarət qurğuları. Cərəyan və gərginliyin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur, *Simulink* kitabxanasının ölçmə bloklarının *Power System Blockset* kitabxanasının blokları ilə birləşməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur;

-*Powerlib Extras* –xüsusi energetik qurğuları. Verilmiş işin yerinə yetirilməsi üçün lazım olan qurğuları göstərək: harmonik tərkibdə qeyri-sinusoidal periodik siqnalın paylanma bloku (*Fourier*); qeyri-sinusoidal cərəyan və ya gərginliyin təsiredici qiymətlərinin ölçmə bloku (*RMS*); üçfazlı körpü idarə edilən düzləndiricinin idarə etmə bloku (*Synchronized 6-Pulse*

Generator); neytrallı üçfazlı mənbə (*Inductive source with neutral*).

1.2 Modelin hazırlanma qaydaları

Power System Blockset paketinin istifadə edilməsi zamanı modelin hazırlanma qaydaları *Simulink* paketində tətbiq edilən qaydalardan heç nə ilə fərqlənmir.

1. Əvvəlcə energetik sistemin modeli hazırlanır. Bunun üçün *Simulink* modeli pəncərəsindən *Drag and Drop* metodu ilə lazım olan komponentlərin modeli daşınır. (basın və çəkin).

2. Bundan sonra *Simulink* və *Power System Blockset* paketinə daxil olan birləşdirici elementlərin köməyi ilə komponentlərin birləşməsi yerinə yetirilir. Vizual və qeydiyyat cihazları qoşulur. Modelə siqnal xəttlərlə ötürülür. Bir komponentin çıxış portunu digərinin giriş portu ilə birləşdirmək üçün aşağıdakıları təsirləri yerinə yetirmək lazımdır:

- bələdçinin göstəricisini birinci blokun çıxış portuna gətirmək lazımdır;

- bələdçinin sol düyməsini sıxmaq və onu bu vəziyyətdə saxlamaqla göstəricini ikinci komponentin giriş portuna çəkmək lazımdır;

- bələdçinin düyməsini buraxmaq.

Xətt qollara ayrılabilir və bir komponentin çıxış portunu bir neçə komponentin giriş portu ilə birləşdirir. Mövcud xəttin budaqlanması üçün aşağıdakı təsirləri yerinə yetirmək lazımdır:

- kursiri budaqlanma nöqtəsinə qoymaq;

- bələdçinin sağ düyməsini sıxmaq, onu sıxılı vəziyyətdə saxlamaq;

- xətti lazım olan komponentin giriş portuna gətirmək lazımdır.

Xəttin əyaniliyi və əlverişliliyi üçün nişanlar əlavə etmək olar. signal nişanlarını qurmaq üçün xəttin seqmentinə iki dəfə klikləmək lazımdır və sonra mətni nişana daxil etmək lazımdır.

3.Lazım gələrsə, parametrlərin tapşırılması pəncərəsindən modellərin kompanentlərinin parametrləri verilir. *Simulation Parameters* komandasının köməyi ilə modelləşdirmə parametrlərini vermək olar.

4. Modelin hazırlanması başa çatdıqdan sonra *Simulink* modeli pəncərəsinin alətlər panelindəki üçbucağın köməyi ilə icrası başlanır.

Əgər model çox mürəkkəbdirsə və böyük ölçüyə malikdirsə, altsistem komponentlərini qruplaşdırmaqla onu sadələşdirmək olar. Bunun üçün lazımdır:

- *Signals & Systems* bölməsindən çəkməklə model pəncərəsinə komponentini kopyalamaq;

- *Subsystems* blokunun pəncərəsini iki dəfə təsvirinə klikləməklə açmaq, ,

- giriş və çıxış altsistemlərinin qurulması üçün *In* və *Out* komponentlərindən istifadə etməklə modelin boş pəncərəsində altsistem qurmaq.

1.3 Signal Processing Toolbox (SPTool) paketi

SPTool paketi *Mat-Lab* 6 sisteminə uyğun olaraq təyin edilir. . *SPTool əməliyyatı Signal Processing Toolbox paketinin grafik interaktiv örtüyünü aktivləşdirir:*

- signalərin axtarış və baxış vasitələri– *Signal Browser*;

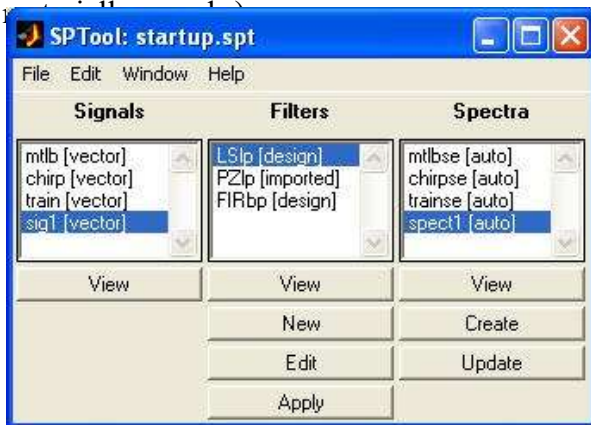
- filtrlər dizaynerləri – *Filter Designer*;

- Filter Viewer* filtrinin baxış vasitələri ;

- spektrinin baxış vasitələri – *Spectrum Viewer*.

Örtük *MatLab*-ın komandalar sırasından *sptool* komandası ilə aktivləşdirilir. . Nəticədə ekrana şəkil 1.3.1 pəncərəsi çıxır.

Görürük ki, *SPTool* pəncərəsi bu sahələrdə yerləşən obyektlərə nə etmək olduğunu göstərən düymələrə malik olan üç sahədən ibarətdir. Birinci başlıqda hər üç sahə boşdur- (yalnız nümayiş materialları vardır).



Səkil 1.3.1

Görürük ki, *SPTool* pəncərəsi bu sahələrdə yerləşən obyektlərə nə etmək olduğunu göstərən düymələrə malik olan üç sahədən ibarətdir. Birinci başlıqda hər üç sahə boşdur- (yalnız nümayiş materialları vardır).

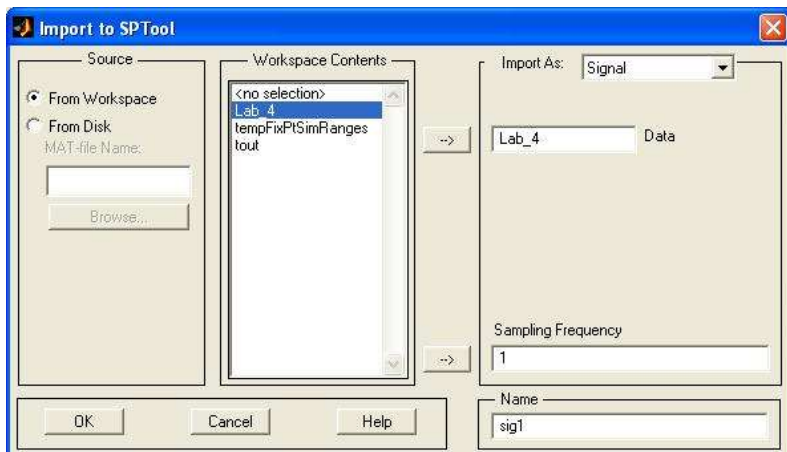
Modelin siqnallarının *SPTool* köməyi ilə emal etmək üçün bu siqnalları *To Workspace* komponentinin köməyi ilə formalaşdırmaq lazımdır, sonra bu siqnalların qiymətinə uyğun olaraq *SPTool* sırasında alınmış vektorları idxal edirlər.

SPTool sırasından vektorun xaric edilməsi üçün *File* menyusundan *Import* komandasını seçirlər. Bundan sonra şəkil 1.3.2-dəki *Import to SPTool* pəncərəsi açılır. Bu pəncərənin *Source* sahəsində *From Workspace* açarı seçilir. Buna görə də bütün dəyişənlərin işçi sahəsinin adları *Workspace Contents*-ikinci sahədə göstərilir.

Mişkanın köməyi ilə lazım olan dəyişənin seçilməsi üçün *Data* giriş sahəsində göstərilən ox ilə düyməyə basmaq lazımdır.

Bundan sonra verilənlərin giriş sahəsində seçilmiş dəyişənlərin adı yaranır.

Bundan sonra *Sampling frequency* sahəsində (diskretləşmə tezliyi) istənilən diskretləşmə tezliyinin qiymətini tətbiq etmək olar. Bu parametrin qiyməti modelləşdirmə adının əks qiymətinə bərabər olmalıdır.



Şəkil 1.3.2

Name giriş sahəsində *SPTool* sırasında qeyd olunan başlanğıc vektorun adı göstərilməlidir.

Bundan sonra OK düyməsini basmaq lazımdır və signalın xaric edilməsi baş verir. *Import to SPTool* pəncərəsi itir, *SPTool* pəncərəsi isə öz görünüşünü dəyişir.

Signals sahəsində signal vektorunun adı qeyd edilir, *View* düyməsi bu sahədə aktiv olur, bu da o deməkdir ki, tədqiq edilən signala baxmaq olar. Bundan başqa, *Create Spectra* sahəsində *Create* düyməsi aktivləşir. Bu o deməkdir ki, xaric edilən signalın spektral xarakteristikalarını tapmaq olar.

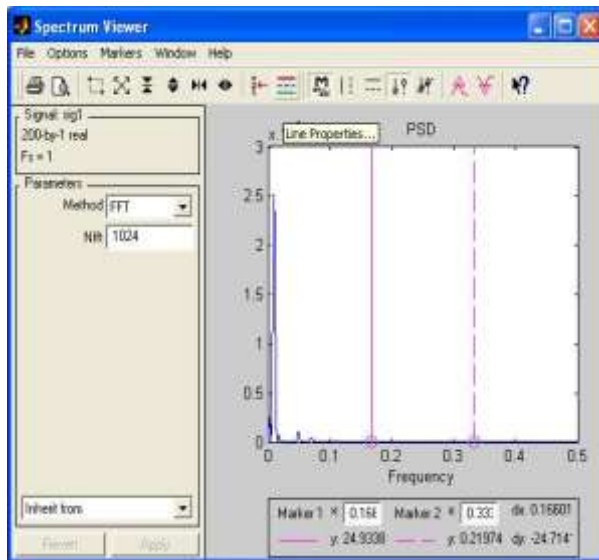
Signalın xaric edilməsindən sonra ona baxış vasitələrindən istifadə etmək olar. Bunun üçün *Signals* sahəsindən lazım olan

siqnalı seçmək və View düyməsini basmaq lazımdır. Nəticədə *Signal Browser* pəncərəsi açılmalıdır.

Spektral xassələrin qiymətləndirilməsi üçün *SPTool* siqnallar pəncərəsi sahəsində almaq istədiyiniz sıxlıqlı spektral siqnalları qeyd edirsiniz və *Create Spectra* pəncərəsinin aşağı hissəsində *Create* düyməsini basırsınız. Bundan sonra ekranda *Spectrum Viewer* pəncərəsi açılacaq. Pəncərənin sol tərəfində aşağıdakıları yerinə yetirən elementlər yerləşir:

- siqnalın spektral xarakteristikasının metodunu seçmək (*FFT* Furiye şəklinə salınma metodunun seçilməsi tövsiyyə olunur);

- siqnalın emal nöqtələrinin sayını təyin etmək (bu parametrin qiymətini modelləşdirmə addımının əks qiymətinə bərabər vermək lazımdır).



Şəkil 1.3.3

Metodun seçilməsindən sonra hesablamaların aparılması üçün *Apply* düyməsini basmaq lazımdır, oxların xətti miqyasını seçmək və lazım olan tezliyin diapazonun seçmək lazımdır. Onda *Spectrum Viewer* pəncərəsi şəkil 1.3.3-dəki kimi olur.

2. LABORATORIYA İŞLƏRİ

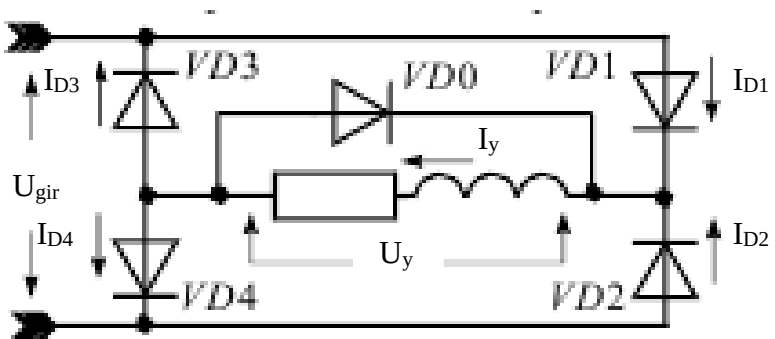
Laboratoriya işi № 1

BİRFAZLI İKİYARIMPERİODLU DÜZLƏNDİRİCİNİN TƏDQİQİ

İşin məqsədi: Birfazlı ikiyarımperiodlu düzləndiricinin kommutasiya nəzərə alınmamaqla aktiv-induktiv yükə işləməsi zamanı xarici və energetic xarakteristikalarının tədqiqi.

2.1 İşin yetirilməsi üçün göstərişlər

Düzləndirici qurğular – dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə çevirmək vəzifəsini daşıyan qurğulardır. Ümumi halda onlar üç əsas hissədən ibarət olur: güc transformatoru, ventill qovşağı (düzləndirici və hamarlayıcı filtr.



Şəkil 2.1.1

Düzləndirici qurğular xarici parametrlərlə, ventillərin iş rejimini xarakterizə edən parametrləri ilə və transformatorun parametrləri ilə xarakterizə olunurlar. Kiçikgüclü qurğularda ən çox istifadə olunan ventillər – yarımkeçirici diodlardır.

Birfazalı ikiyarımperiodlu körpü sxemli düzləndirici (şəkil 2.1.1) düzləndiricilər sxemlərinən ən çox yayılmış sxemdir. Bu düzləndirici qurğu RL yükünə işlədikdə aşağıdakı ifadələrlə xarakterizə edilir.

- yük üzərində cərəyan və gərginliyin orta qiymətləri

$$I_{y\ddot{u}k.or.} = 0,637 I_{gir.max}, U_{y.or.} = 0,637 U_{gir.max};$$

- hər diod üzərində əks gərginliyin maksimal qiyməti

$$U_{\ddot{a}ks.max} = \frac{\pi}{2} U_{y\ddot{u}k.max};$$

- hər diodun düz cərəyanının orta, təsiredici və maksimal qiymətləri

$$I_{d\ddot{u}z.or.} = \frac{1}{2} I_{y\ddot{u}k.or.}, I_{d\ddot{u}z.t\ddot{a}s.} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{y.or.}, I_{d\ddot{u}z.max} = I_{y\ddot{u}k.or.};$$

- transformatorun gücünün istifadə olunma əmsalı $K_{TR.P} = 0,9$;

- transformatorun ikinci tərəf cərəyanının və gərginliyinin təsiredici qiymətləri

$$I_{2t\ddot{a}s.} = I_{y\ddot{u}k.t\ddot{a}s.}, U_{2t\ddot{a}s.} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_{y\ddot{u}k.or.}$$

- transformatorun ikinci tərəfində tələb olunan minimal güc

$$P_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} P_{y\ddot{u}k};$$

- düzləndiricinin çıxışında döyünmələrin tezliyi və əmsalı

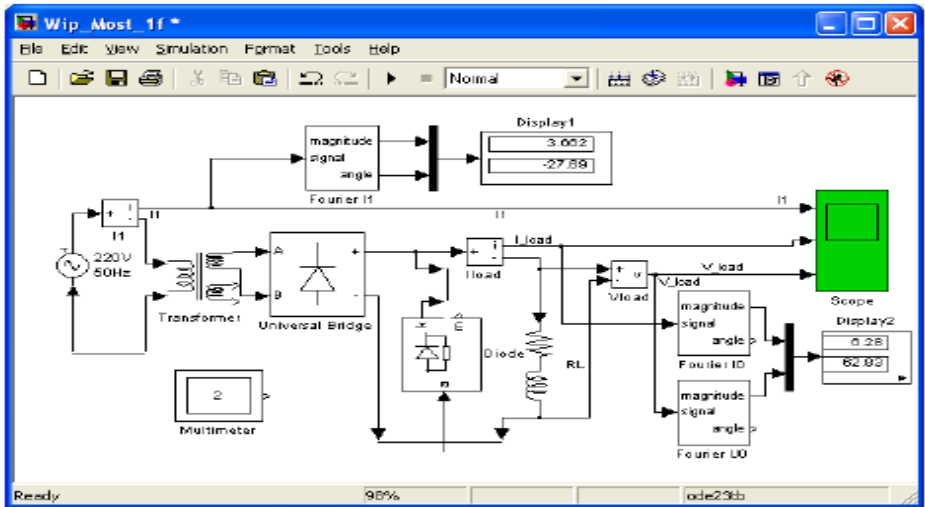
$$f_{d\ddot{o}y} = 2 f_{gir}, K_{d\ddot{o}y} = 0,66.$$

2.2. Virtual laboratoriya qurğusu

Bu laboratoriya işi üçün virtual laboratoriya qurğu şəkil 2.1.2-də göstərilmişdir və ona daxildir:

- sinusoidal gərginlik mənbəyi ($220\text{ V}, 50\text{ Hz}$) ;

- birfazlı transformator (*Transformer*);
- birfazlı diod körpüsü (*Universal Bridge*);
- aktiv – induktiv yük (R,L);
- əks diod (*Diode*);
- qida mənbəyində (I_1) və yükdə (I_{load}) ani cərəyanlarını ölçən;
- yükdə (U_{load}) ani gərginliyi ölçən;
- qida cərəyanının (*Fourier I1*);
- yük cərəyanının harmonik toplananını (*Fourier I0*) ölçmək üçün blok və yük üzərində gərginliyin harmonic toplananını (*Fourier U0*) ölçmək üçün analogi blok;



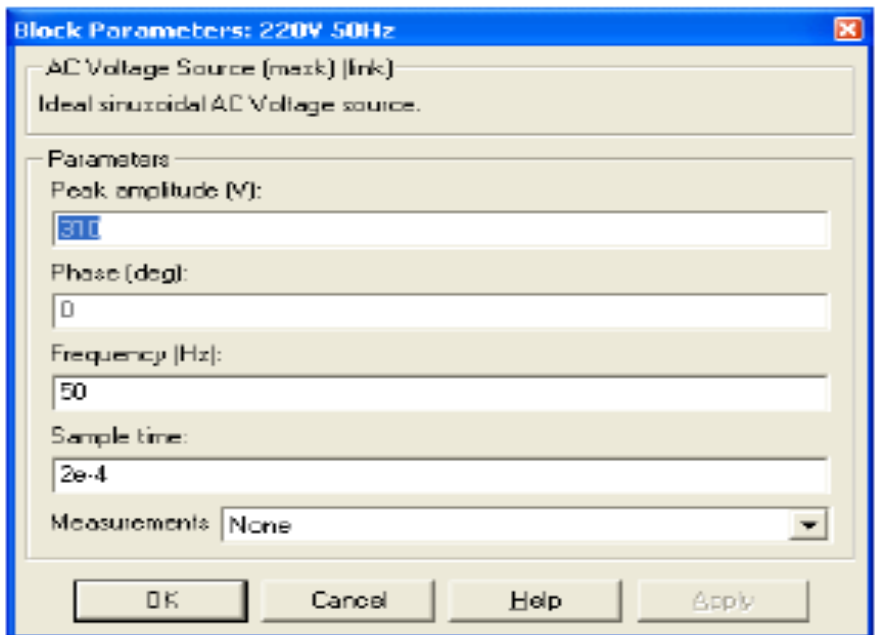
Şəkil 2.1.2

- qida dövrəsində cərəyanın, yükdə cərəyanın və gərginliyin ani qiymətlərini müşahidə etmək üçün blok (*Scope*);

- uyğun (*Multimeter*) bloklarının *Measurement* sahəsində seçilmiş kəmiyyətlərin ani qiymətlərini müşahidə etmək və ölçmək üçün blok;
- qida dövrəsində cərəyanın birinci harmonikasının amplitud qiymətini və onun fazasını ölçmək üçün blok (*Display 1*) ;
- yük cərəyanının və gərginliyinin orta qiymətini ölçmək üçün blok (*Display2*);

Qida mənbəyinin parametrlərini kökləmə pəncərəsi şəkil 2.1.3-də göstərilmişdir. Kökləmə sahələrində verilir:

- gərginliyin amplitudu voltlarla (*Peak amplitude, V*);
- gərginliyin başlangıç fazası dərəcələrlə (*Phase, deg*);
- gərginliyin tezliyi herslərlə (*Frequency, Hz*).



Şəkil 2.1.3

Sample time parametri gərginliyinin diskretliliyini verir. Belə parametr əksər kitabxana bloklarında vardır, o modelləşdirilməsi zamanı diskretləşdirmə vaxtı ilə uzlaşdırılmalıdır.

Transformatorun parametrlərinin kökləndirilməsi pəncərəsi şəkil 2.1.4-də göstərilmişdir. Köklənmə pəncərəsinin sahələrində transformatorun nominal gücü və tezliyi (*Nominal power and frequency*), birinci və ikinci tərəf dolaqlarının parametrləri (*Winding 1 parameters* , *Winding 2 parameters*) və

Block Parameters: Transformer

Linear Transformer: (mask) (link)
Three windings linear transformer.

Parameters

Nominal power and frequency [Pn(MVA) fn(Hz)]
[5-3 50]

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(pu) L1(pu)]
[220 0.2 0.8]

Winding 2 parameters [V2(Vrms) R2(pu) L2(pu)]
[100 0.2 0.8]

☒ Three windings transformer

Winding 3 parameters [V3(Vrms) R3(pu) L3(pu)]
[100 0.2 0.8]

Magnetization resistance and reactance [Rm(pu) Lm(pu)]
[500 500]

Measurements: None

OK Cancel Help Apply

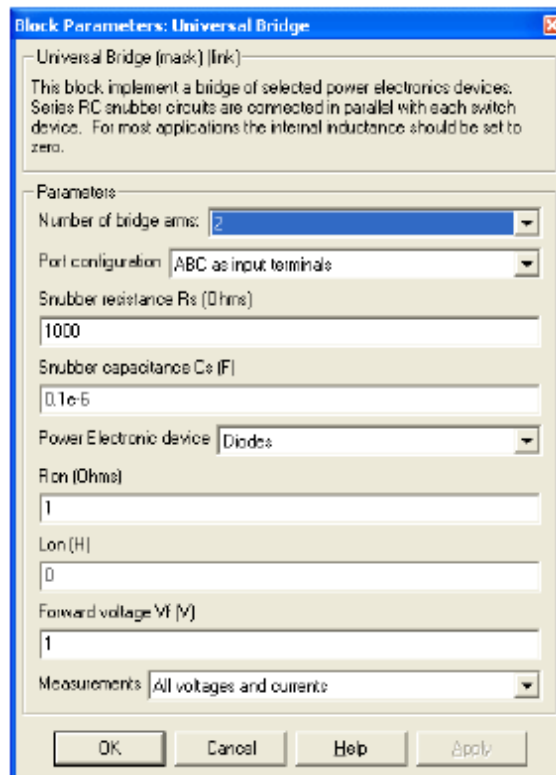
Şəkil 2.1.4

$$R_{base} = 1 pu = \frac{(U_n)^2}{P_n}; \quad R_1 = 0,2 pu R_{base} (\Omega); \quad L_{base} = 1 pu = \frac{R_{base}}{2\pi f_n};$$

$$L_1 = 0.8 pu \cdot L_{base} (H); \quad R_m = 500 pu \cdot R_{base} (\Omega).$$

maqnitləşdirici dövrənin parametrləri (*Maqnetization resistance and reactance*). Transformatorun əvəz sxeminin parametrləri nisbi kəmiyyətlərlə ifadə olunmuşdur. Transformatoru təsvir etdikdə Qərb sənayesində qəbul olunan və paketi ifadə etdikdə *pu-sistemi* adlanan əlavə parametrlər sistemindən istifadə olunur. Onların işarələnməsini hesabat nümunəsi ilə göstərək:

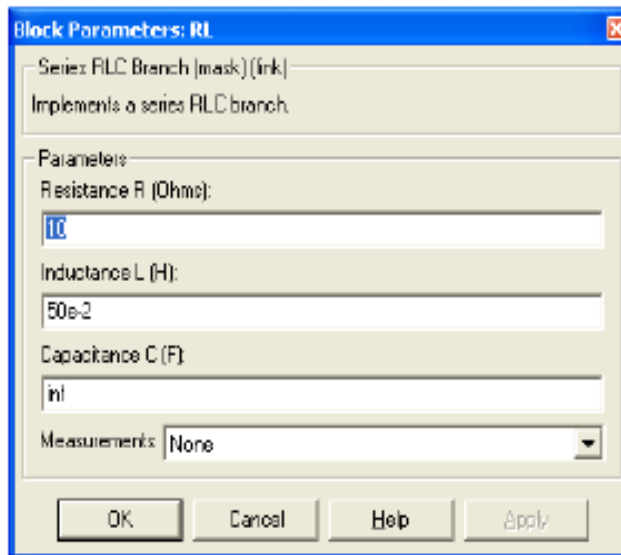
Əgər iki dolaqlı transformatordan istifadə olunursa üçüncü dolağın parametrləri sahəsinə 0 daxil etmək olar.



Şəkil 2.1.5

Düzləndiricinin parametrlərinin köklənməsi pəncərəsi şəkil 2.1.5-də göstərilmişdir. Sahələrdə göstərilmişdir:

- körpünün budaqlarının sayı (*Number of bridge arms*);
- giriş və çıxış portlarının konfigurasiyası (*Port configuration*);
- dempferləyici dövrələrin parametrləri (*Snubber resistance, Snubber capacitance*);
- universal körpüdə yarımkeçirici cihazların tipi (*Power electronic device*);
- diodların açıq halında omlarla dinamik müqaviməti (*Ron, Ohms*);
- diodun açıq vəziyyətində henrilərlə induktivliyi (*Lon, H*);



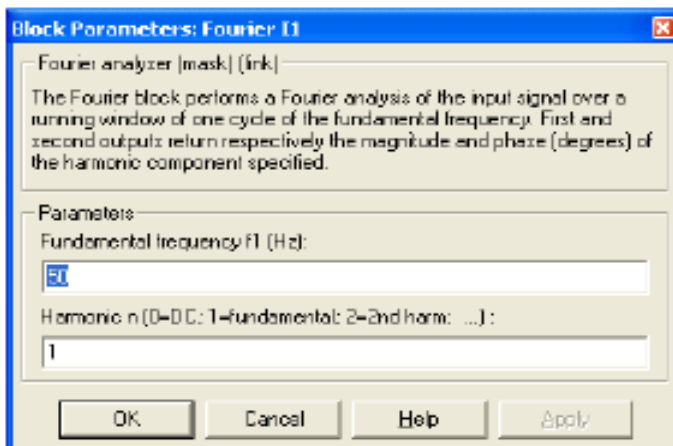
Şəkil 2.1.6

- diodun açıq halında voltlarla astana gərginliyi (*Forward voltage, V*).

Measurements sahəsində *Multimeter* bloku ilə ölçülən kəmiyyətlər seçilmişdir.

Yükün parametrlərinin köklənmə pəncərəsi şəkil 2.1.6 –da göstərilmişdir. R, L, C –nin ardıcıl birləşdiyi dövrədə aktiv-induktiv yükü realizə etmək üçün birinci iki sahədə aktiv müqavimətin Omlarla və induktivliyin henrilərlə qiymətləri, üçüncü sahədə (*Capacitance* C , F) isə - sonsuzluq (*inf*) yerləşdirilir.

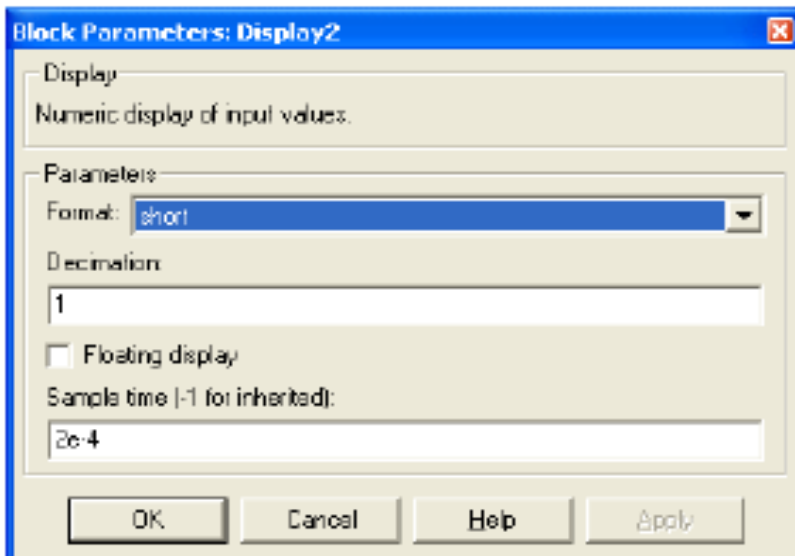
Fourier I1 parametrlərin köklənməsi bloku pəncərəsində (şəkil 2.1.7) qida gərginliyinin tezliyi və birinci harmonikanın nömrəsi qeyd olunur.



Şəkil 2.1.7

Fourier I0, *Fourier U0* blokları çıxış cərəyanının və gərginliyinin sabit toplanalarını ölçürlər. İkiyarımpériodlu düzləndiricidə çıxış cərəyanının (gərginliyinin) tezliyi mənbəyin tezliyinin iki mislinə bərabərdir. *Harmonic* sahəsində harmonikanın nömrəsi yazılır. Verilmiş halda sabit toplanan ölçülür $n=0$.

Tədqiq olunan proseslərin qiymətlərini ölçmək üçün olan *Display* pəncərəsi şəkil 2.1.8 –də göstərilmişdir. Birinci sahədə ölçülən kəmiyyətlərin təsviri formatı verilir. İkinci sahə (*Decimation*) *Display* pəncərəsində qiymətlərin çıxarılması dövrlərini təyin edir.

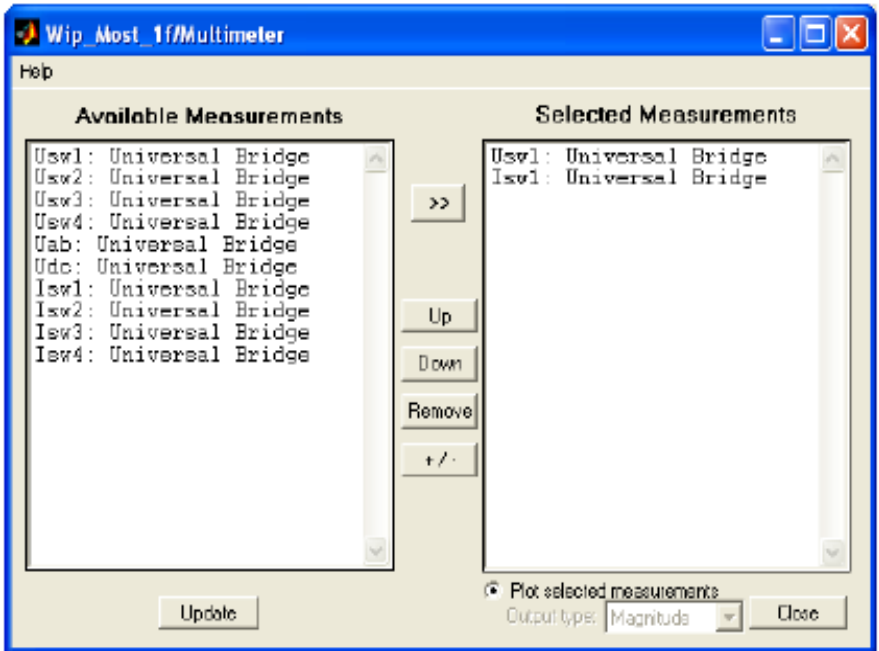


Şəkil 2.1.8

Sample time parametric məlumatın verilməsinin diskretliyini verir. Bu parametrlərin modelləşdirilməsi zamanı ilə uzlaşdırılmalıdır (şəkil 2.1.10).

Multimeter blokunun köklənmə pəncərəsi şəkil 2.1.9-da göstərilmişdir. Sol sahədə (*Available*) universal körpünün bütün gərginliklər və cərəyanlar işıqları belə ki, köklənmə şəkil 2.1.5 blokunda verilmişlər. Sağ sahədə (*Selected*) blokun ölçdüyü dəyişənlər əks olunur (qiymətləri sol sahədən sağ sahəyə *Select*

düyməsi vasitəsi ilə keçirilir). Sağ sahədəki dəyişənlər xarici cihazlar vasitəsi ilə ölçülə bilər. *Display signals at simulation stop* **bayraqcığının** qoşulu halında bu kəmiyyətlərin ani qiymətləri növbəti modelləşmə qurtardıqda blokun qrafiki pəncərəsində əks olunur.

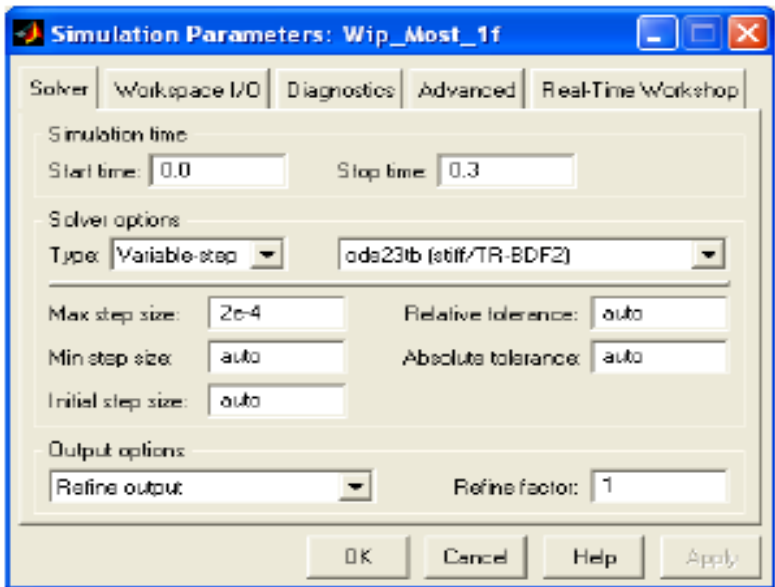


Şəkil 2.1.9

2. Laboratoriya işinin aparılma qaydası.

Birfazlı ikiyarıperiodlu düzləndiricinin əks diodla aktiv-induktiv yükə işinin tədqiqi şəkil 2.1.2-dəki virtual qurğuda

aparılır. Yükün parametrləri elə götürülür ki, yükün zaman sabiti $T_Y = L_Y / R_Y$ (2...5) T intervalında olsun ($T = 1 / f$, f mənbəyin tezliyidir). Birfazlı ikiyarıperiodlu düzləndiricinin əks diodla aktiv-induktiv yükə işinin tədqiqi şəkil 2.1.2-dəki virtual qurğuda aparılır. Yükün parametrləri elə götürülür ki, yükün zaman sabiti Modelləşdirmə parametrləri *Simulation/Simulation Parameters/Solver* (şəkil 2.1.10) pəncərəsində verilir.



Şəkil 2.1.10

Stop time sahəsində mənbənin periodunun 10...20 mislinə bərabər zaman saniyələrlə verilir. *Type* sahəsində dəyişən addım (*Variable step*) və diferensial tənliyin həlli üsulu - *ode 23 tb (stiff/TR-BDF2)* verilir. *Max step size* sahəsində modelləşdirmə addımının qiyməti qeyd olunur, bu qiymət həm də bu sahəyə malik olan bütün blokların *Sample time* sahəsində yazılır. Digər

qalan sahələrdə kompyüterin özünün susma ilə qoyduqlarını saxlamaq olar.

3.1 Yük müqavimətini 10 Om addımla 10 Om-dan 100 Om-a qədər və induktivliyini $T_Y = L_Y / R_Y$ -ni sabit saxlamaqla dəyişməklə düzləndiricinin əsas xarakteristikalarını ölçməli və hesablamalı.

Modelləşdirilmənin nəticələrini cədvəl 2.1.1-də yazmalı.

Qida mənbəyinin gərginliyinin amplitud qiymətini $U_{1max} = const = 310$ V qəbul edirik.

Cədvəl 2.1.1

Verilənlər		Ölçmələr					
L_Y	R_Y	I_Y	U_Y	$I_1(I)_{max}$	φ_1	U_{Dmax}	I_{Dmax}
Hn	Om	A	V	A	dər	V	A

Qida mənbəyində cərəyanın birinci harmonikasının amplitudası $I_1 (I)_{max}$ və başlanğıc fazası φ_1 *Display1*- in göstərişlərinə görə, yük üzərində cərəyan və gərginlik *Display2*- in göstərişlərinə görə təyin edilir. Hesabatların birindəki bu kəmiyyətlərin ani qiymətlərini (ossilloqrafın ekranı) hesabatda göstərməli. Növbəti modelləşdirilmənin sonunda *Multimeter* blokunun qrafiki pəncərəsində gərginliyin və diod cərəyanının ani qiymətləri ayrılmalı çıxır və bu kəmiyyətlərin maksimal qiymətləri təyin edilir.

Düzləndiricinin mənbədən birinci harmonikaya görə tələb etdiyi tam və aktiv güclərin və habelə yük üzərində gücün hesablanması aşağıdakı ifadələrlə aparılır:

$$S_1(1) = U_{1max} I_1(1)_{max} / 2 \text{ (VA)}, \quad P_1(1) = S_1(1) \cos \varphi_1 \text{ (Vt)}, \quad P_Y = U_Y I_Y \text{ (Vt)}.$$

Hesabatın nəticələrini cədvəl 2.1.2 –də yazmalı

3.2 Cədvəl 2.1.1 və cədvəl 2.1.2-nin nəticələrindən istifadə edərək qurulur:

- düzləndiricinin xarici (yük) xarakteristikası $U_n = f(I_n)$;
- düzləndiricinin energetik xarakteristikaları $S_1(1)$, $P_1(1) = f(P_Y)$, $I_1(1)_{\max}$, $I_{D\max} = f(I_Y)$.

Cədvəl 2.1.2

Hesablamalar		
$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_Y
VA	Vt	Vt

4. Hesabatın tərkibi

4.1 Qurğunun sxemi (şəkil 2. 1.1).

4.2 Əsas xarakteristikaların hesabı üçün ifadələr.

4.3 Cədvəl 2.1.1 və 2.1.2

4.4 Yük və energetik xarakteristikaları.

4.5 Gərginlik və cərəyanların ani qiymətlərinin ossiloqrafları.

4.6 İş üzrə nəticələr.

5. Yoxlama sualları

5.1 Birləşməli körpü düzləndiricisinin induktiv-aktiv yükə işinin xüsusiyyətləri nədən ibarətdir.

5.2 Birləşməli düzləndiricinin sxemlərini sadalayın və onların müqayisəli xarakteristikalarını verin

5.3 Düzləndirici xemi üçün diodların seçilməsi parametrlərini təyin edin və izah edin.

5.4 Düzləndiricinin yük xarakteristikasını analiz edin.

5.5 Düzləndiricinin energetik xarakteristikasını analiz edin.

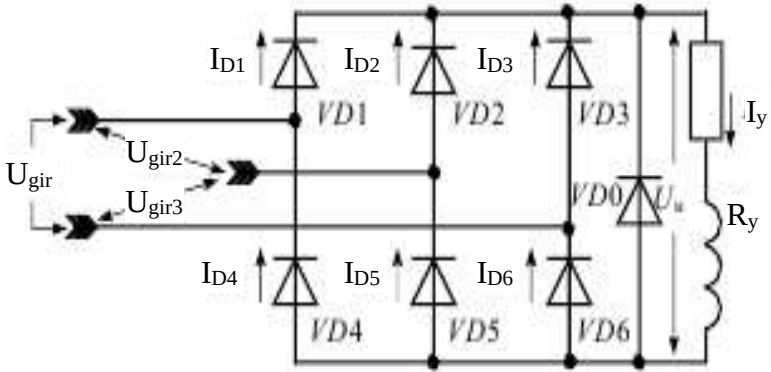
Laboratoriya işi № 2

ÜÇFAZALI İKİYARIMPERİODLU DÜZLƏDİRİCİ KÖRPÜNÜN TƏDQIQI

İşin məqsədi: Üçfazlı ikiyarımperiodlu düzləndiricinin əks diodla şuntlanan aktiv-induktiv yükə işinin tətqiq edilməsi. Xarici və energetik xarakteristikaların komutasıyanı nəzə aldıqda və almadıqda tədqiq edilməsi.

1. İşin yerinə yetirilməsinə göstərişlər.

Üçfazlı ikiyarımperiodlu düzləndiricinin sxemi(Larionov sxemi) şəkil 2.2.1-də göstərilmişdir.



Şəkil 2.2.1

Sxemi yığmaq üçün altı diod və transformatorun birinci və ikinci tərəf dolaqlarınının birləşdirilmə üsulunun invariantı tələb olunur (cərəyan həmişə xətti $U_{gir,max} = U_{gir.xəttmax}$ gərginliyin təsiri altında axır).

Baxılan düzləndirici qurğu R yükünə işlədikdə aşağıdakı ifadələrlə xarakterizə olunur:

- yük üzərində gərginliyin orta qiyməti $U_{n.or.} \approx 0.955 U_{gir.max}$;
- hər diod üzərində maksimal əks gərginlik $U_{əks,max} = (\pi U_{Y.or.})/3$;
- diodların düz cərəyanının orta, təsiredici və maksimal qiymətləri

$$I_{düz.or.} = \frac{1}{3} I_{Y.or.}, I_{düz. təs.} = 0.578 I_{Y.or.}, I_{düz. max} = \frac{\pi}{3} I_{Y.or.} ;$$

- transformatorun gücə görə istifadə əmsalı

$$K_{TR,P} = 0.91 ;$$

- transformatorun ikinci tərəf cərəyanının və gərginliyinin

$$\text{təsiredici qiymətləri } I_{2D} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} I_{Y.or.}, U_{2D} = 3 \frac{\pi}{3\sqrt{3}\sqrt{2}} U_{Y.or.}$$

- transformatorun ikinci tərəf dolağının tələb etdiyi minimal güc

$$P_2 = 3 \frac{1}{2\sqrt{2}} P_Y$$

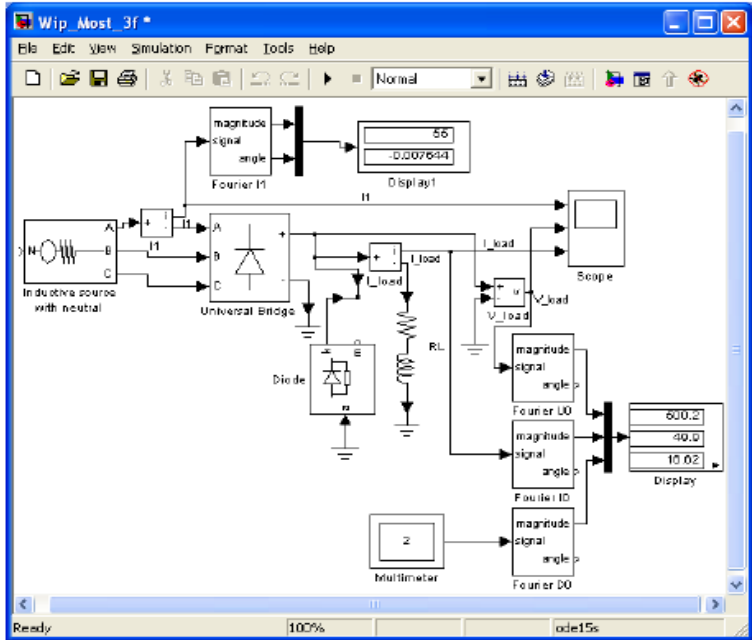
- düzləndiricinin çıxışında düzləndirilmiş gərginliyin tezliyi və döyünmə əmsalı $f_{döy} = 6 f_{gir}, K_{döy.} = 0.057$.

2. Virtual laboratoriya qurğusu

Tədqiqat aparmaq üçün virtual laboratoriya qurğusu şəkil 2.2.2 – də

göstərilmişdir və ona daxildir:

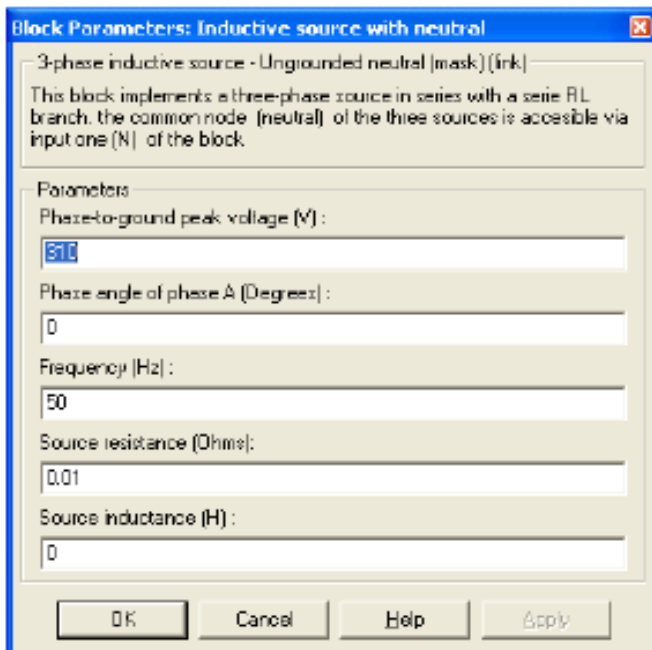
- üçfazlı sinusoidal dəyişən gərginlik mənbəyi (*Inductive Source with neutral*);
- üçfazlı diodlu körpü (*Universal Bridge*);
- aktiv-induktiv yük (R, L)
- əks diod (*Diode*);
- cərəyanların ani qiymətlərini qida mənbəyində ölçənlər ($I1$) və yükdə (*load*);



Səkil 2.2.2

- yükdə gərginliyin ani qiymətini ölçən (U_{Load});
- qida cərəyanının harmonik toplananını ölçmə bloku (*Fourier I1*)
- yük cərəyanının (*Fourier I0*) sabit toplananını (orta qiymətini) ölçmə bloku və yükdə gərginliyin orta qiymətini (*Fourier U0*) ölçən analoji blok ;
- düzləndiricinin diodunda (*Fourier D0*) cərəyanın orta qiymətini ölçən blok
- qida dövrəsində cərəyanın, yük üzərində yük cərəyanının və gərginliyinin ani qiymətini müşahidə etmək üçün blok (*Scope*)
- uyğun (*Multimeter*) bloklarının *Measurement* sahəsində seçilmiş kəmiyyətlərin ani qiymətlərini müşahidə etmə və ölçmə bloku;
- qida dövrəsində (*Display1*) cərəyanın birinci harmonikasının amplitud qiymətini və onun fazasını ölçmək üçün blok – yük

üzərində cərəyanın və gərginliyin orta qiymətlərini və düzləndiricinin diodunda cərəyanın orta qiymətini ölçmə bloku (*Display*)

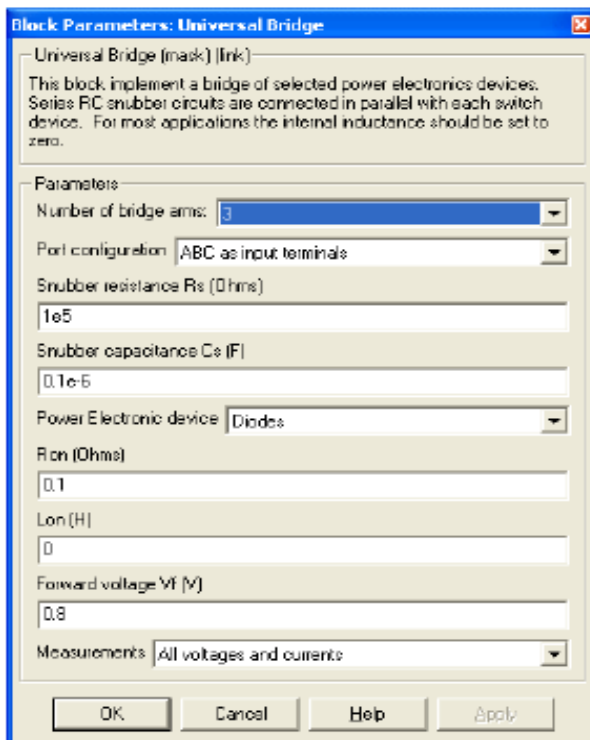


Şəkil 2.2.3

Qida mənbəyinin parametrlərinin kökləmə pəncərəsi şəkil 2.2.3-də göstərilmişdir.

- faza gərginliyinin amplitudası voltlarla verilir (*Phase-to-ground peak voltage, V*);
- gərginliyin başlanğıc fazası dərəcələrlə (*Phase angle of phase A, deg*);
- gərginliyin tezliyi herslərlə (*Frequency, Hz*);
- mənbənin daxili parametrləri.

Düzləndiricini kökləmə pəncərəsi şəkil 2.2.4-də göstərilmişdir.



Səkil 2.2.4

Qalan digər bloklar praktiki olaraq laboratoriya işi № 1-də ətraflı baxılmışdır. Ancaq nəzərə almaq lazımdır ki, *Fourier I 0* və *Fourier U0* bloklarının əsas tezliyi 300 Hz-dir belə ki, ölçmələr üçfazlı körpü düzləndiricisinin çıxışında aparılır.

3. Laboratoriya işinin aparılma qaydası

Üçfazlı körpü düzləndiricisinin aktiv-induktiv yükə işinin tədqiq edilməsi şəkil 2.2.2-də göstərilmiş virtual qurğuda aparılır.

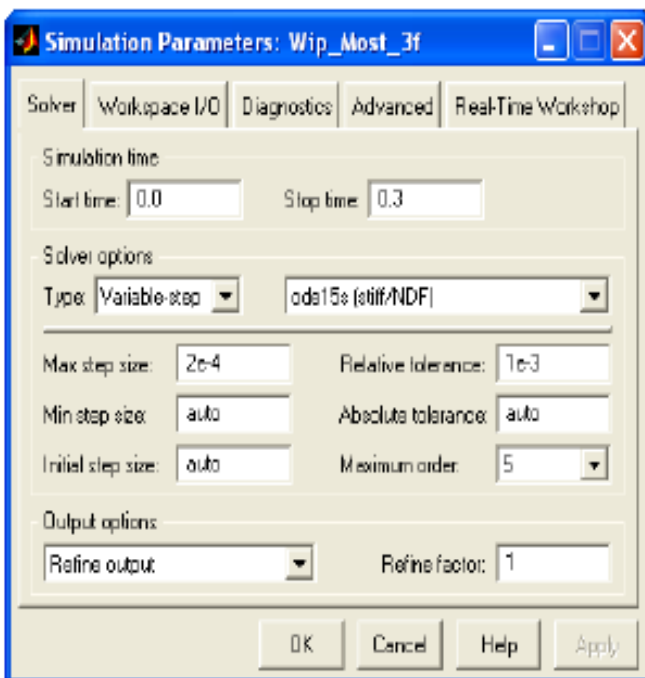
Yükün parametrləri elə götürülür ki, yükün zaman sabiti $T_Y = L_Y / R_Y$

(2...5) T intervalında olsun, ($T = 1/f$, f - mənbəyin tezliyidir.)

Modelləşdirilmənin parametrləri şəkil 2.2.5-də göstərilən *Simulation/Simulation Parameters/Solver* əlavəsində verilir.

Max step size sahəsində modelləşdimə addımının qiyməti yazılır, bu qiymət həm də *Sample time* sahəsi olan bütün blokları bu sahəsində yazılır. Qalan sahələrdə kompüterin susma rejimində qoyduqlarını saxlamaq olar.

3.1 Yük müqavimətini 10 Om-dan 100 Om-a qədər 10 Om addımı ilə dəyişməklə və induktivliyi elə dəyişməklə ki, $T_Y = L_Y / R_Y$ nisbəti sabit qalsın, düzləndiricinin əsas xarakteristikalarını ölçmək və hesablamaq.



Şəkil 2.2.5

Modelləşdirilmənin nəticələri cədvəl 2.2.1-də yazmalı

Cədvəl 2.2.1

Verilənlər		Ölçmələr						
L_Y	R_Y	I_Y	U_Y	$I_1(1)_{\max}$	φ_1	I_{Dor}	U_{Dor}	$\dot{I}_{Dmax}$
Hn	Om	A	V	A	dərəcə	A	V	A

Qida mənbəyinin gərginliyinin amplitud qiymətini $U_{1max} = const = 535 \text{ V}$ qəbul edirik. Qida mənbəyində cərəyanın birinci harmonikasının amplitudası

$I_1(1)_{\max}$ və bu cərəyanın başlanğıc fazası *Display* 1-in göstərişlərinə görə təyin edilir. Yük üzərində cərəyan və gərginlik, eləcə də diodda orta cərəyan *Display* –in göstərişinə təyin edirlər. Qida cərəyanının, yük cərəyanının və gərginliyinin ani qiymətlərini ossiloqraf vasitəsi ilə müşahidə etmək olar. Hesabatların birində bu asılılıqları (ossiloqrafın ekranını) göstərməli.

Növbəti modelləşdirmə başa çatdıqda *Multimeter* blokunun pəncərəsi ekrana çıxır və burada gərginliyin və cərəyanın ani qiymətləri ayrıləri əks olunur. Bu ayrılərə görə bu kəmiyyətlərin amplitud və maksimal qiymətləri təyin edilir.

Düzləndiricinin qida mənbəyindən tələb etdiyi tam və aktiv güclərin birinci harmonikaya görə hesablanması və yükdə gücün hesablanması aşağıdakı ifadələrlə aparılır:

$$S_1(I) = \frac{3U_{1\max} I_1(I)_{\max}}{2} (\text{VA}), \quad P_1(I) = S_1(I) \cos \varphi_1 (\text{Vt}), \quad P_n = U_n I_n ($$

Vt).

Hesabatın nəticələrini cədvəl 2.2.2-də yazmalı

Ölçmələr		
$S_1(I)$	$P_1(I)$	P_n
VA	Vt	Vt

3.1 2. 2.1 və 2. 2.2 cədvəllərinin nəticələrinə görə qurulur:

- düzləndiricinin xarici (yük) $U_n = f(I_n)$ xarakteristikalarını ;
- düzləndiricinin $I_1 (I)_{\max}$, $I_{D\max}, I_{Dor} = f(I_n)$; energetik xarakteristikalarını;
- $S_1(I), P_1(I) = f(P_n)$ energetik xarakteristikalarını.

3.2 Üçfazlı düzləndirici körpü sxemini aktiv-induktiv yükə işlədikdə kommutasiyanı nəzərə almaqla tədqiq etməli. Bu bəndi yerinə yetirdikdə mənbənin parametrləri pəncərəsində *Source Inductance* sahəsində induktivliyin qiymətini 0.01 – 0.1 Hn qəbul etmək lazımdır. İşin aparılma qaydası yuxarıda baxılan 3.1 və 3.2 bəndlərinə oxşar formada aparılır.

4. Hesabatın tərkibi

- 4.1 Virtual sxemin qurğusu (şəkil 2.2.1).
- 4.2 Əsas xarakteristikaları hesablamaq üçün ifadələr.
- 4.3 Düzləndiricinin kommutasiyanı nəzərə almaqla və nəzərə almamaqla yük xarakteristikaları (bir qrafikdə).
- 4.4 Düzləndiricinin kommutasiyanı nəzərə almamaqla və nəzərə almaqla energetik xarakteristikaları (bir qrafikdə).
- 4.5 Gərginliklərin və cərəyanların ani qiymətlərinin ossiloqrafları.
- 4.6 Kommutasiyanı nəzərə almadıqda və nəzərə aldıqda 2.2.1 və 2.2.2 cədvəllərinin doldurulması nümunələri.
- 4.7 İş üzrə nəticələr.

5. Yoxlama sualları

- 5.1 Kommutasiyanı nəzərə almadıqda və nəzərə aldıqda yük xarakteristikalarının analizini aparmalı.
- 5.2 Kommutasiyanı nəzərə almadıqda və aldıqda energetic xarakteristikaların analizini aparmalı.
- 5.3 Üçfazlı körpü düzləndiricisinin aktiv və aktiv-induktiv yükə işləməsinin göstəricilərini müqayisə etməli.
- 5.4 Üçfazlı sxemlərin - biryarımperiodlu və körpü sxemlərin müqayisəli qiymətləndirilməsini verin.

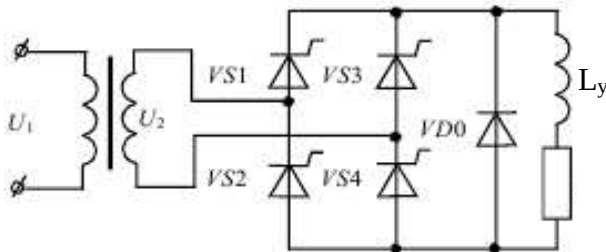
Laboratoriya işi № 3

BİRFAZALI İDARƏOLUNAN KÖRPÜ DÜZLƏNDİRİCİSİNİN TƏDQIQI

İşin məqsədi: Birfazlı idarəolunan düzləndirici körpünün əks EHQ-li və əks diodlu aktiv-induktiv yükə işinin tədqiq edilməsi. Xarici, tənzimetmə və energetik xarakteristikalarının tədqiq edilməsi. Birfazlı idarəolunan düzləndiricinin harmonic tərkibinin təyin edilməsi.

1. İşin yerinə yetirilməsinə aid göstərişlər.

Düzləndirilərin tətbiq edilməsi ilə işlərin əlsəriyyətində yükdə U_Y gərginliyini idarəetmək məsələsi meydana çıxır. Birfazlı sxemləri arasında ən çox düzləndiricinin körpü sxemindən istifadə edilir, şəkil 2.3.1.



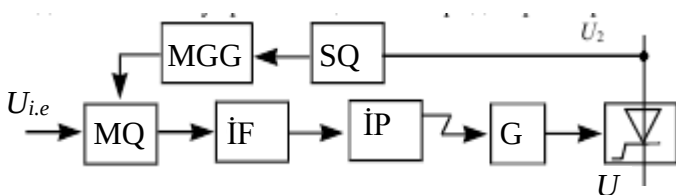
Şəkil 2.3.1

Aktiv yüklənmə zamanı baş verən proseslərə axaqq. Yük rezistiv yük olduğu üçün cərəyan ayrısı gərginliyin ayrısı ilə fazaca üst-üstə düşür. $\omega t = 180^\circ$ olduğu anda cərəyan 0-ra qədər azalır və uyğun tiristorlar cütü bağlanır. Bu proses hər

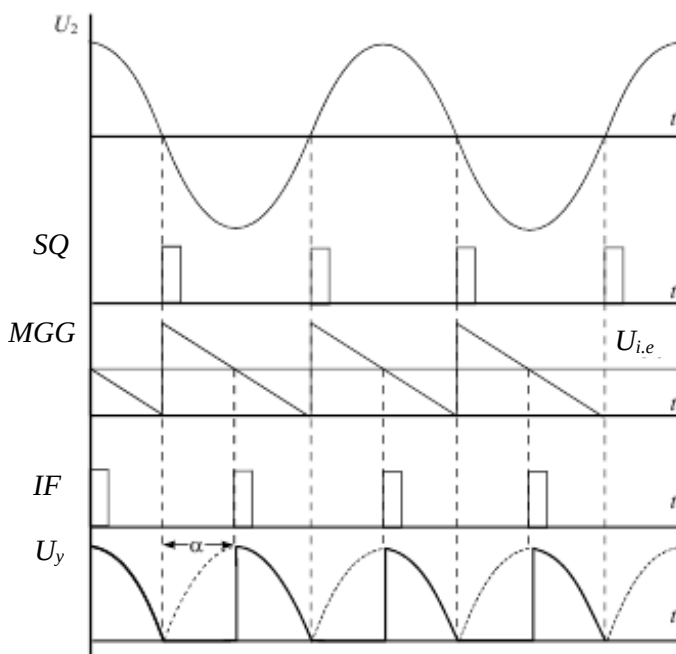
yarımperiodda təkrar olunur. Tiristorları mümkün qədər qısamüddətli impulslarla idarə etmək məqsədə uyğundur, (belə ki, bu müddətin böyüməsi idarəetmə sisteminin gücünün artmasına səbəb olur), amma bu impulsların müddəti tiristorların işə qoşulma müddətindən müəyyən qədər böyük olmalıdır. Həm də impulsların cəbhəsinin kifayət qədər dik olmasını təmin etmək lazımdır ki, tiristor açılarkən güc itkiləri, uyğun olaraq onun qızması az olsun.

Baxılan faza idarəetmə üsulu dayaq gərginliyinin (adətən mişarvari formalı) və sabit idarəetmə signalı gərginliyi ilə müqayisə edilməsinə əsaslanı bilər. Bu gərginliklərin ani qiymətlərinin α fazasını təyin edir ki, fazanın bu qiymətində sxem impuls yaradır, sonra o gücləndirilir və tiristorun idarəetmə elektroduna verilir. İdarəedici impulsun α fazasının dəyişməsi idarəetmə gərginliyinin səviyyəsini dəyişməklə həyata keçirilir.

İdarəetmənin funksional sxemi şəkil 2.3.2-də göstərilmişdir. Mişarvari gərginlik generatorunun MGG tərəfindən yaradılan və sinxronlaşdırıcı qurğu SQ ilə şəbəkə gərginliyi ilə sinxronlaşdırılmış dayaq gərginliyi MQ müqayisə qurğusu sxemində verilir və bu sxemə eyni zamanda giriş signalı (idarəetmə signalı) da verilir.



Şəkil 2.3.2



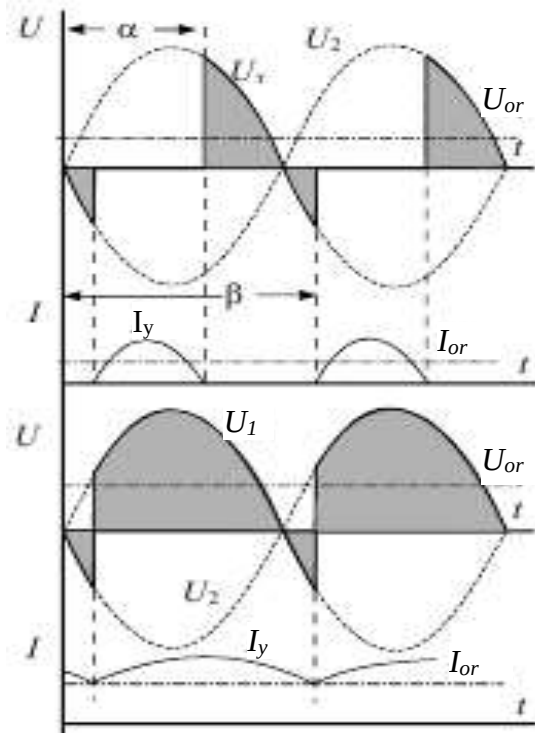
Şəkil 2.3.3

Müqayisətmə sxemindən signal impuls formalaşdırıcısına (İF), sonra impuls paylayıcısına (İP), güc gücləndiricisinə və tiristorun idarəedici elektroduna daxil olur.

Şəkil 2.3.3-də yüklə çıxış gərginliyinin funksiyası təsvir edilmişdir.

Yük aktiv-induktiv xarakterli olduqda düzləndiricidə baş verən proseslər mürəkkəbləşir. Belə dövrlərdə baş verən proseslərin şəkil 2.3.4-də göstərilmişdir.

Burada tiristorun cərəyanının artması sıçrayışla deyil, L_Y induktivliyi hesabına tədricən baş verir. Həm də tiristoru qidalandıran gərginlik 0 -dan keçdikdə cərəyan kəsilmir, induktivlikdə yaranan öz-özünə induksiya nəticəsində qida fazasının əks gərginliyini dəf edərək həmin istiqamətdə müəyyən müddət axmaqda davam edir.



Şəkil 2.3.4

Düzləndiricinin energetik göstəricilərini yaxşılaşdırmaq üçün əks diod qoşurlar (bu zaman tiristor cütünün bağlandığı an induktivlikdə toplanan enerji hesabına yaranan yük cərəyanı bu əks diodundan keçir). Bunun nəticəsində ikinci gərginlik 0-dan keçdikdən sonra VD0 diodu dövrəsinə keçir. Çıxış dövrəsinin diodla şuntlanması nəticəsində çıxış gərginliyi əyrisində sıfır fasilələri yaranır.

Nəticədə, xalis aktiv yük olan halda olduğu kimi $\beta - (\alpha + 180^\circ)$ hissəsində dövrədə cərəyanın kəsilməsi baş verir. α bucağı azaldıqda β bucağı artır, və bir (VS1, VS4) dioqanalının keçirici intervalı digər dioqanalın açılma anını örtə

bilər. $\beta = \alpha + 180^\circ$ olduqda kəsilməz cərəyan rejimi yaranır. Kəsilməz cərəyan rejimində yük üzərindəki gərginliyin orta qiyməti $U_{OR} = 0.9 U_2 \cos \alpha$. Kəsilməz cərəyan rejimi α bucağı $0 < \alpha < \alpha_{sər}$ aralığında dəyişdikdə saxlanılır. Burada $\alpha_{sər} \tau = (\omega L_Y / R_Y)$ –ün funksiyasıdır. $\tau \rightarrow \infty$ olduqda $\alpha_{sər} \rightarrow 90^\circ$ olur.

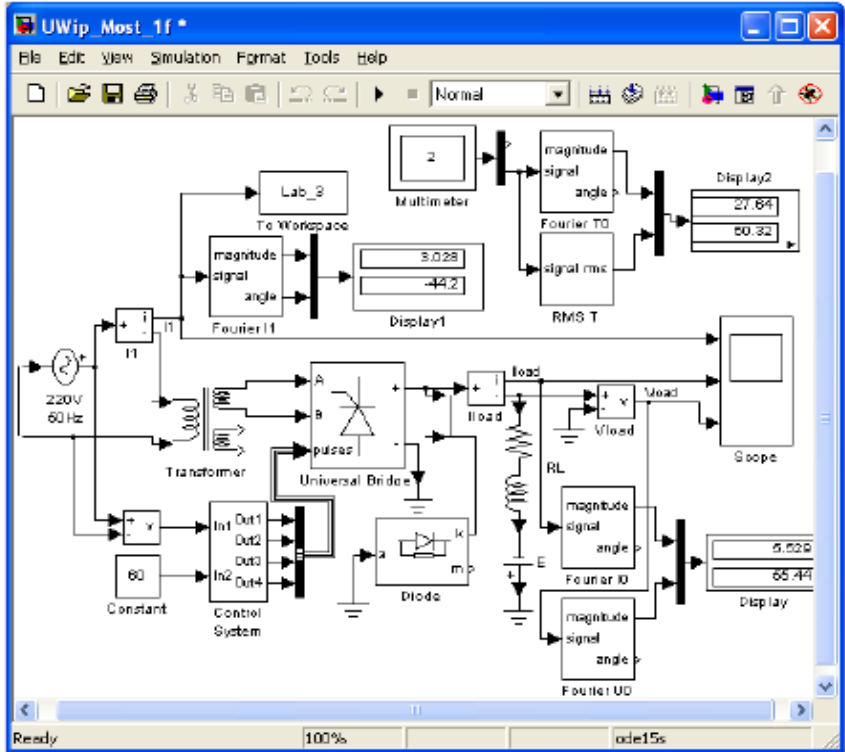
2. Virtual laboratoriya qurğusu.

Tədqiqat aparmaq üçün virtual laboratoriya qurğusu şəkil

2.3.5-də göstərilmişdir, onun tərkibi :

- sinusoidal gərginlik mənbəyi (220V, 50 Hz)
- birfazlı transformator (*Transformer*)
- əks-EHQ-li (R,L), (E) aktiv-induktiv yükü;
- əks diod (*Diode*);
- qida mənbəyində (I1) və yükdə (I load) cərəyanların anı qiymətlərini ölçənlər;
- yük üzərində gərginliyin (U Load) anı qiymətini ölçən;
- qida cərəyanının (Fourier I1) və tiristor cərəyanının (Fourier T0) harmonik toplananlarını ölçmək üçün bloklar;
- yük cərəyanının harmonik toplananının ölçmək üçün blok (Fourier I0) və yük üzərində gərginliyin harmonik toplananını ölçmək üçün analogi blok (Fourier U0);
- tiristor cərəyanının təsiredici qiymətini ölçmək üçün blok (RMC T);
- qida dövrəsində cərəyanın , yük cərəyanının və yük üzərində gərginliyin anı qiymətlərini müşahidə etmək üçün blok (Scope);
- uyğun (Multimeter) bloklarının Measurement sahələrində seçilmiş kəmiyyətlərin anı qiymətlərini ölçmək və müşahidə etmək üçün blok;
- qida dövrəsində cərəyanın amplitud qiymətini və onun fazasını ölçmək üçün blok (Display1) ;

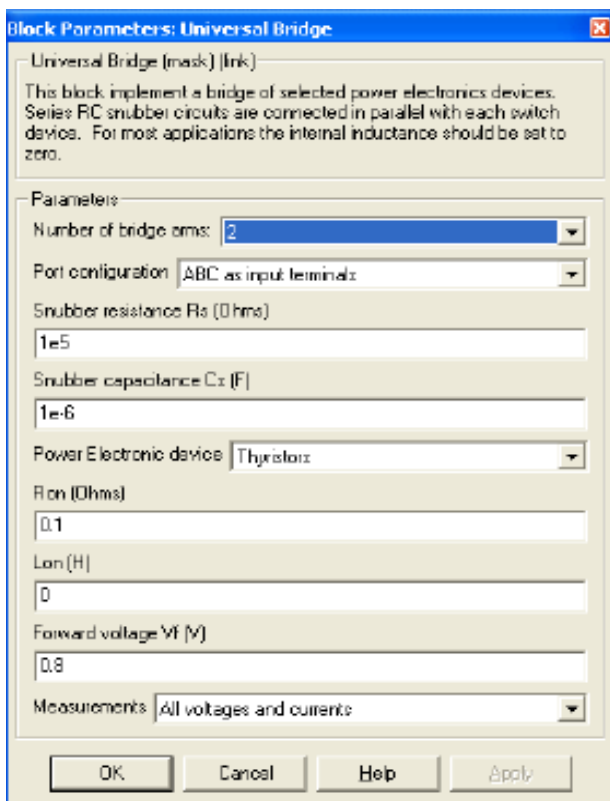
- yükdə cərəyanının və gərginliyin orta qiymətlərinin ölçmək üçün blok (*Display*);



Şəkil 2.3.5

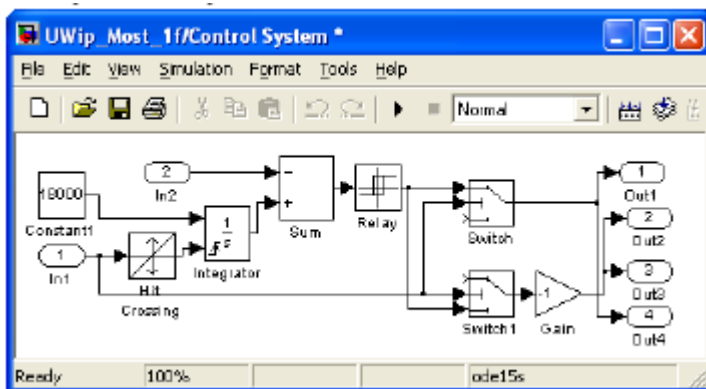
- tiristor cərəyanının orta və təsiredici qiymətlərini ölçmək üçün blok (*Display2*);
- birfazlı tiristor körpüsü (*Universal Bridge*) (şəkil 2.3.6) ;
- tədqiq olunan siqnalın *MatLab* paketinin işçi sahəsin ötürmək üçün *To Workspace* bloku. Bu siqnal sonra tələb olunan

cərəyanın harmonik spektrinin *Signal Processing Toolbox* genişləndirmə paketi vasitəsi ilə tədqiq olunur.



Şəkil 2.3.6

Bütün sadalanan bloklar (axırıncı ikisini çıxmaqla) və onların parametrləri laboratoriya işi №1 –də baxılan parametrləri təkrarlayırlar. (*Control System*) blokun modeli şəkil 3.7-də göstərilmişdir. Blokun *In1* girişinə şəbəkədən sinxronlaşdırıcı signal və idarəetmə bucağının (giriş *In 2*) verilmə signalı daxil olur.



Şəkil 2.3.7

To Workspace blokun kökləmə pəncərəsi şəkil 2.3.8-də göstərilmişdir.

The screenshot shows the "Block Parameters: To Workspace" dialog box. The title bar reads "Block Parameters: To Workspace". The dialog box contains the following fields and options:

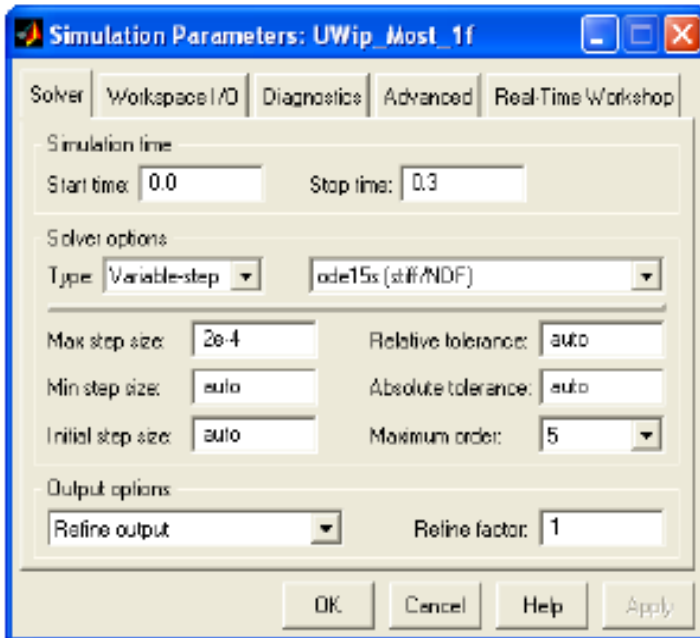
- To Workspace**: A section with the text "Write input to specified array or structure in MATLAB's main workspace. Data is not available until the simulation is stopped or paused."
- Parameters**: A section with the following fields:
 - Variable name:** A text field containing "Lab".
 - Limit data points to last:** A text field containing "200".
 - Decimation:** A text field containing "1".
 - Sample time (-1 for inherited):** A text field containing "2e-4".
 - Save format:** A dropdown menu set to "Array".
- Buttons**: "OK", "Cancel", "Help", and "Apply" buttons at the bottom.

Şəkil 2.3.8

Kökləmə blokunun birinci sahəsinə dəyişənin adı daxil edilir , hansının ki, ölçüllən vektoru işçi fəzada göstərilir. İkinci pəncərədə vektorun uzunluğu təyin edilir (tədqiq olunan dəyişənin yazılmış qiymətlərinin miqdarı). Vektorun uzunluğu həm tədqiq olunan siqnalın tezliyi ilə, həm də sahənin *Sample Time* zamanı ilə əlaqəli olmalıdır. Tezlik 50 Hz olmaq şərti ilə hesablama vaxtı $2 \cdot 10^{-4}$ olduqda period ərzində 100 nöqtə çıxarılır. Buradan alınır ki, vektorun uzunluğu 200 olduqda işçi oblasta tədqiq olunan siqnalın axırıncı iki periodu yazılacaq belə ki, spektrin alınması üçün ən azı iki periodu yazmaq lazımdır. Vektorun formatı pəncərənin aşağıdakı sahəsində yazılır.

3. Laboratoriya işinin aparılma qaydası.

Birfazlı körpü düzləndiricisinin aktiv-induktiv yüklə tədqiq edilməsi şəkil 2.3.5-də göstərilən virtual qurğuda aparılır.



Şəkil 2.3.9

Qida mənbəyinin ,transformatorun, yükün və əks diodun parametrləri laboratoriya işi № 1-də olduğu kimi qalır.

Modelləşdirilmənin parametrləri şəkil 2.3.9-da göstərilmiş *Simulation/Simulation Parameters/Solver* pəncərəsində verilir. *Max step size* sahəsində modelləşdirilmənin addımının qiyməti qeyd olunur. Onun bu qiyməti bu sahəsi olan bütün blokların *Sample time* sahəsində də qeyd olunur. Qalan digər sahələrdə kompüterin susma rejimində qoyduqlarını saxlamaq olar.

3.1 Xarici xarakteristikalar çıxarılarkən yükün R, L parametrləri dəyişməz qalır, yükün əks-EHQ- si 20 V addımla -100V-dan 0V- ta qədər dəyişdirilir. Xarici xarakteristika düzləndiricini idarəetmə bucağının üç ($\alpha = 0^0, 40^0, 60^0$) qiymətləri üçün çıxarılır.

Modelləşdirilmə əks-EHQ-nin və idarəetmə bucağının hər qiyməti üçün aparılır.

Modelləşdirilmənin nəticələri cədvəl 2.3.1-də yazılır

Cədvəl 2.3.1

Verilənlər		Ölçmələr							
α	E	I_Y	U_Y	$I_1(1)_{\max}$	φ_1	I_{T0}	I_T	$U_{T\max}$	$I_{T\max}$
dər	V	A	V	A	dər	A	A	V	A

Qida mənbəyinin gərdinliyinin amplitudunu $U1_{\max} = \text{const} = 310 \text{ V}$ qəbul edirik. Qida mənbəyində cərəyanın birinci harmonikasının amplitudu $I_1(1)_{\max}$ və başlanğıc φ_1 fazası *Display1* –in göstərişlərinə görə , yükdə cərəyan və gərginlik *Display* –in göstərişinə görə təyin edilir. Bu kəmiyyətlərin ani qiymətlərini isə ossiloqrafda müşahidə etmək olar. Hesabatların birində bu asılılıqları (ossiloqrafın ekranını) göstərməli. *Multimeter* blokunun qrafika pəncərəsində tiristorun ($U_{T\max}$) maksimal gərginliyi və ($I_{T\max}$) maksimal cərəyanı müşahidə

olunur və təyin edilir. Tiristorun orta I_{T0} və təsiredici I_T cərəyanları $Display2$ –in göstərişlərinə görə təyin edirlər.

Düzləndiricinin birinci harmonikaya görə mənbədən tələb etdiyi tam və aktiv güclər, həm də yüklə güclər aşağıdakı ifadələrdən təyin edilir:

$$S_1(1) = \frac{U_{1\max} I_1(1)_{\max}}{2} \text{ (VA)}, \quad P_1(1) = S_1(1) \cos \varphi_1 \quad (\text{Vt})$$

$$P_Y = U_Y I_Y \text{ (Vt)}$$

İdarəolunan düzləndiricinin tiristorunda itgilər aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$P_T = U_f I_{T0} + I_T^2 R_{on}$$

harda ki, U_f və R_{on} - tiristor körpüsünün kökləmə pəncərəsində tiristorun parametrləridir (şəkil 2.3.6).

Hesablamaların nəticələri cədvəl 2.3.2-də yazılır.

Cədvəl 2.3.2

Hesablamalar			
$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_n	P_T
VA	Vt	Vt	Vt

3.2. 2.3.1 və 2.3.2 cədvəllərindəki nəticələr əsasında

- idarəolunan düzləndiricinin xarici (yük) $U_n = f(I_n)$ xarakteristikası;
- idarəolunan düzləndiricinin energetik $I_1(1)_{\max}, I_{T0}, I_T = f(I_n)$ xarakteristikaları ;
- idarəolunan düzləndiricinin $S_1(1), P_1(1), P_T = f(P_n)$ xarakteristikaları.

3.3. İdarəolunan birləşməli düzləndiricinin əks-e.h.q.-nin bir qiymətində (müəllim tərəfindən verilir) və idarəetmə bucağının 0-dan 180 dərəcəyə qədər 20 dərəcə addımla dəyişdikdə tənzimə xarakteristikasının tədqiq edilməsi və onun nəticələrinin cədvəl 2.3.3-də yazılması.

Cədvəl 2.3.3

Ölçmələr	
α (dər)	U_n (V)

3.4 İdarəolunan düzləndiricinin idarəetmə bucağının *Signal Processing Toolbox* genişləndirmə paketində verilmiş bir qiymətində (müəllim tərəfindən verilir) tələb etdiyi cərəyanın spektral tərkibini tədqiq etməli. Siqnalın baxılma vasitələrindən istifadə etməklə işçi oblastda *Lab_3* adı altında yazılmış siqnala baxma vasitələri ilə tədqiq olunan siqnala baxmaq olar.

Harmonik toplananın ədədi qiymətini amperlərlə təyin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir

$$I_1(\vartheta)_{\max}(A) = \frac{\vartheta y_{\vartheta}}{y_1} I_1(1)_{\max},$$

harda ki, ϑ - harmonikanın nömrəsi, $I_1(\vartheta)_{\max}$ - bu harmonikanın amplitud qiyməti, y_1, y_{ϑ} – spektral analiz yolu ilə təyin edilmiş qiymətlər, $I_1(\vartheta)_{\max}$ – displeydən amperlərlə götürülmüş cərəyan. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 3.4 və 3.5-də yazılır.

Cədvəl 2.3.4

Ölçmələr					
α (dər)	y_2	y_3	y_4	y_5	$I_1(1)_{\max}$ (A)

Cədvəl 2.3.5

Hesablamalar			
$I_1(2)_{\max}$ (A)	$I_1(3)_{\max}$ (A)	$I_1(4)_{\max}$ (A)	$I_1(5)_{\max}$ (A)

4. Hesabatın tərkibi

- 4.1 Virtual qurğunun sxemi (şəkil 3.1)
- 4.2 Əsas xarakteristikaları hesablamaq üçün ifadələr.
- 4.3 Yük xarakteristikası, cədvəl 3.1.
- 4.4 Energetik xarakteristika , cədvəl 3.2.
- 4.5 tənzim xarakteristikası, cədvəl 3.3.
- 4.6 Tələb olunan cərəyanın spektral tərkibi, cədvəl 3.4 və 3.5.
- 4.7 Cərəyan və gərginliyin ani qiymətlərinin ossiloqrafı.
- 4.8 İş üzrə nəticələr.

5. Yoxlama sualları

- 5.1 Yük xarakteristikasının analiz edin.
- 5.2 İdarəolunan düzləndiricinin energetik xarakteristikalarını analiz edin.
- 5.3 Tənzim xarakteristikasını analiz edin.
- 5.4 İdarəolunan düzləndiricinin tələb etdiyi cərəyanın spektral tərkibinin xarakterizə edin.

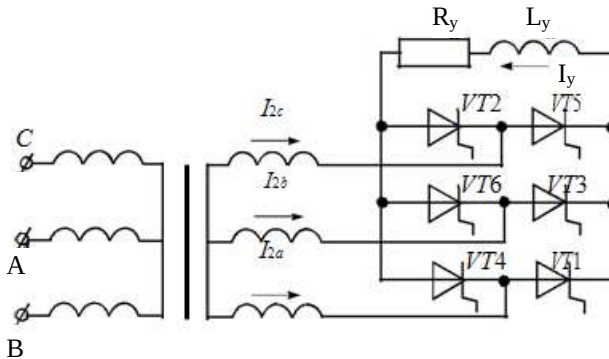
Laboratoriya işi №4

ÜÇFAZLI KÖRPÜ İDARƏOLUNAN DÜZLƏNDİRİCİNİN DÜZLƏNDİRMƏ VƏ INVERTLƏMƏ REJİMİNDƏ TƏDQIQI

İşin məqsədi: düzləndirmə və invertirləmə rejimində əks ehq-li aktiv-induktiv yüklənmədə işləmə zamanı üçfazlı körpü idarə olunan düzləndiricisinin tədqiqi. Xarici, enerji və tənzimləmə xarakteristikalarının tədqiqi. Üçfazlı idarə olunan düzləndiricidə işlədilən cərəyanın harmonik hissəsinin və şəbəkədə invertordan generasiya edilən cərəyanın təyini.

1. İşin yerinə yetirilməsinə aid göstəriş

Üçfazlı körpü sxemi üçfazlı cərəyanı idarə edən düzləndiricinin qurulması üçün geniş tətbiq edilir. (şəkil 2.4.1).



Şəkil 2.4.1

Aktiv-induktiv yüklənmə zamanı cərəyan yüklənmə dövrəsində tənzimlənmənin bütün diapazonlarında ideal hamar və praktiki olaraq arası kəsilməz alınır (şəkil 4.2). $\alpha > 30$ olduqda, tristordakı gərginlik əyrisi (U_T) mənfi qiymətə malik olur.

Üçfazlı idarə edilən düzləndiricinin arasıkəsilməz cərəyanı və $\alpha < 60$ olduqda yüksüz işləmə rejimində orta çıxış gərginliyinin ifadəsi aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$U_{cp} = U_{cp.max} \cos \alpha, \text{ burada } U_{cp.max} = \frac{1}{\pi} 6U_{ex.max} \sin \frac{\pi}{6}$$

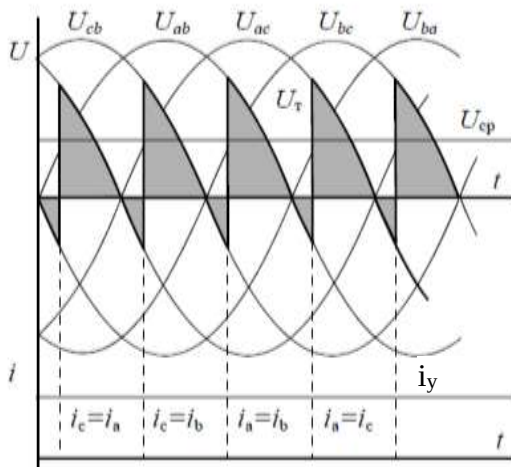
$\alpha = 90^\circ$ və yük dövrəsində kifayət qədər induktivlik halında idarə edilən düzləndiricinin işləməsi zamanı $U_{cp} = 0$ olur. $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ olduqda yuxarıda göstərilən ifadədə də gərginlik işarəsini dəyişəcək.

Mənfi gərginlik U_{or} yükə cərəyan yarada bilmir, beləliklə onların ventilləri qapanır. Əgər yük ehq mənbəyinə malikdirsə vəziyyət dəyişir.

Əgər ehq polyarlığa malikdirsə, idarə edilən düzləndiricinin çıxış gərginliyi ilə uyğun gəlsə, onda $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ hissəsində cərəyanın qiyməti:

$$I_{or} = \frac{E - U_{cp}}{R_H},$$

Cərəyan U_{or} düzləndiricinin gərginliyini dəf edərək yük ehq-nin təsiri altında axmağa başlayacaq.



Şəkil 2.4.2

Belə olan halda, ventillər açıq qalır, cərəyan onlardan verilmiş istiqamətdə axır, enerji isə yükədən şəbəkəyə verilir.

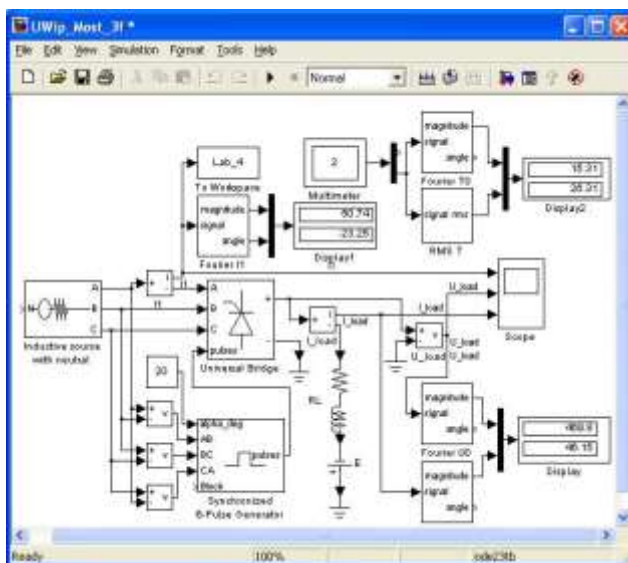
Belə şərtlərə malik olan rejimlərdə aşağıdakılar realizasiya oluna bilər:

- yükə böyük induktivlik qoşulmalıdır;
- əks diod olamamalıdır;
- yükün ehq düzləndiricinin çıxışında gərginliyin istiqamətində olmalıdır.

İdarə edilən düzləndiricinin iş rejimləri nə vaxt ki, yük cərəyanı ehq-nin təsiri altında düzləndirilmiş gərginlik qarşısına axırsa inverter adlanır, invertirləmə isə sabit cərəyan enerjisini dəyişən cərəyan enerjisinə çevirən proses adlanır.

2.Virtual laboratoriya qurğusunun təsviri

Virtual laboratoriya qurğusu tədqiq edilmək üçün şəkil 2.4.3 göstərilmişdir, ona daxildir:

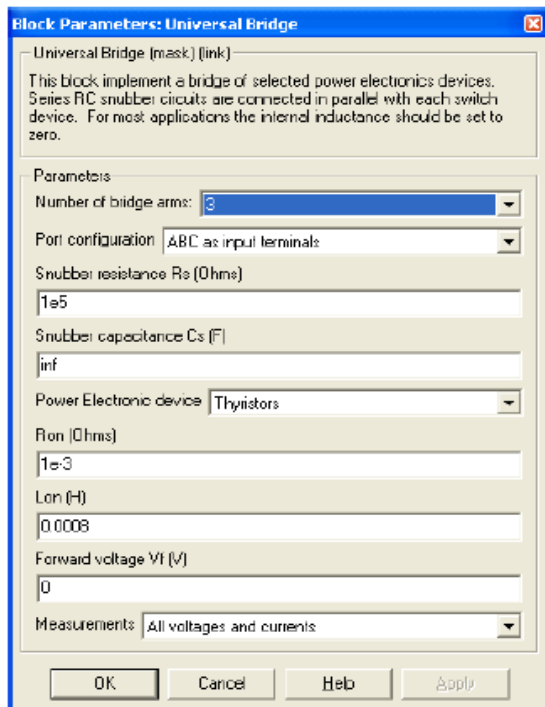


Şəkil 2.4.3

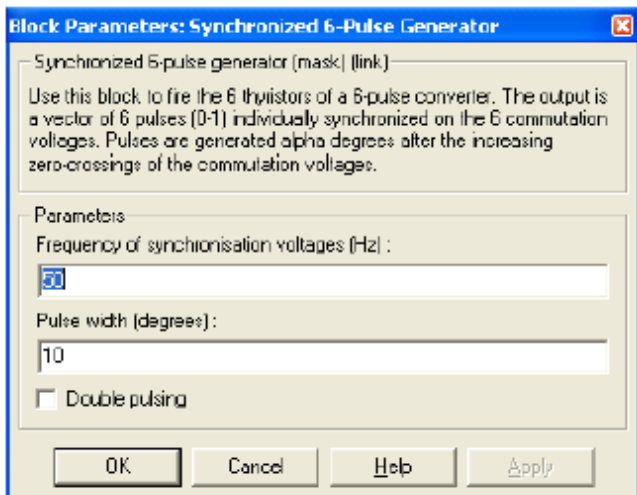
- qidalanma mənbəyində (I_1) və yüklə (I_{load}) ani cərəyanların ölçülməsi;
- (U_{load}) yüklə ani gərginliyin ölçülməsi;
- sinusoidal gərginlik mənbəyi (*Inductive source with neutral*);
- əks e.h.q.-li aktiv-induktiv yüklənmə R, L , (E);
- qidalanma cərəyanının (*Fourier I_1*) və tristor cərəyanının (*Fourier T_0*) harmonikalarının ölçülməsi üçün blok;
- yük cərəyanlarının harmonikalarının ölçülməsi üçün blok (*Fourier I_0*) və yüklə gərginliyin harmonikalarının ölçülməsi üçün analoji blok (*Fourier U_0*);
- tristorun təsiredici cərəyanının ölçülməsi üçün blok (*RMC T*);
- qidalanma dövrəsində cərəyanın ani qiymətini, yüklə gərginliyin və yük cərəyanını müşahidə edən blok (*Scope*);
- *Measurement* sahəsində bloklara uyğun olaraq seçilmiş kəmiyyətlərin ani qiymətlərini müşahidə edən və ölçən blok (*Multimeter*);
- qidalanma dövrəsində cərəyanın amplitud qiymətinin və onun fazasının ölçülməsi üçün blok (*Display1*);
- tristorun orta və ani təsiredici qiymətinin ölçülməsi üçün blok (*Display2*);
- yüklə gərginlik və cərəyanın orta qiymətinin ölçülməsi üçün blok (*Display*);
- *To Workspace* bloku tədqiq olunan siqnalların *MatLab*-ın işçi sahəsinə ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur, sonra *Signal Processing Toolbox* paketində cərəyan işlədicilərinin harmonik spektrlərinin tədqiq edilməsi üçün nəzərdə tutulub.
- şəkil 4.4.4 birfazlı tristor körpüsü (*Universal Bridge*);
- şəkil.4.4.5 üçfazlı düzləndiricinin idarə edilməsi üçün kitabxana bloku (*Synchronized 6-Pulse Generator*).

Bütün sadalanan bloklar (axırncı ikisindən başqa) və onların parametrlər №1, №2 laboratoriya işlərində baxılan əməliyyatları təkrarlayır.

İdarəetmə bloku sahəsinə tezlik və dərəcələrlə idarəetmə impulslarının davamlılığı tətbiq edilir.



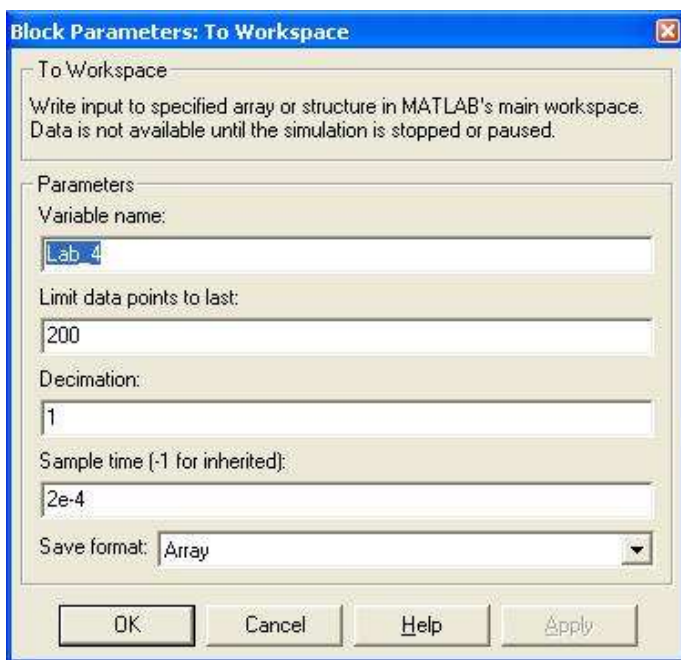
Şekil 2.4.4



Şekil 2.4.5

Sonuncu kəmiyyət idarə etmə signalına uyğun olmalıdır (giriş *alpha_deg Synchronized 6-Pulse Generator* blokuna), ona görə ki, bu bucaqların cəmi 120 dərəcəni keçməməlidir (düzəldirici üçün). Blokun girişinə şəbəkədən sinxronlaşdırıcı signalı və idarəetmə bucağını tapşıran signal daxil olur.

To Workspace bloğunun sazlanma pəncərəsi şəkil 2.4.6. –da göstərilmişdir.



Şəkil 2.4.6

Sazlama pəncərəsinin birinci sahəsi dəyişən adlanır, hansı ki, ölçülən vektor işçi sahədə iştirak edir. İkinci pəncərədə vektorun uzunluğu təyin edilmişdir (qeyd edilmiş kəmiyyətlər dəyişəndir). Vektorun uzunluğu tədqiq olunan signalın tezliyi ilə və həmçinin Sample Time zaman sahəsi ilə əlaqəli olmalıdır. Tədqiq olunan

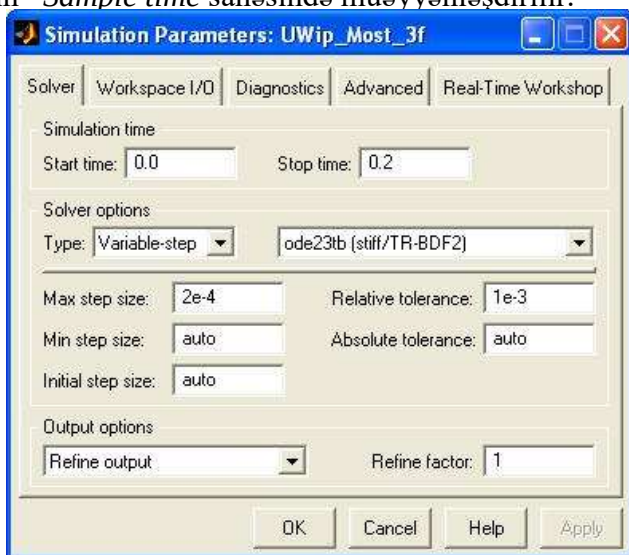
siqnalın tezliyi 50 hs-dir. $2e-4$ hesablama müddətində bir periodda 100 nöqtə hesablanır. Beləliklə, vektorun uzunluğu 200 olduqda işçi sahə tədqiq edilən siqnalın iki axırıncı periodu qeyd olunacaq, spektrin alınması üçün iki periodun qeyd edilməsi lazımdır. Vektorun formatı pəncərənin aşağı sahəsində qeyd edilir.

3.Laboratoriya işinin aparılma ardıcılığı

İdarə edilən üçfazlı düzləndiricinin aktiv-induktiv yüklənmədə tədqiqi şəkil 2.4.3-də göstərilən virtual qurğuya əsasən aparılır.

Qida mənbəyinin və yükün parametrləri №1, №2 laboratoriya işində olduğu kimi qalır.

Modelləşdirmə parametrləri *Simulation/Simulation Parameters/Solver* vərəqindən tapşırılır, şəkil 2.4.7. *Max step size* sahəsində modelləşdirmə addımının qiyməti müəyyənləşdirilir və elə bu qiymət bu sahəyə malik olan bütün blokların *Sample time* sahəsində müəyyənləşdirilir.



Şəkil 2.4.7

İdarə edilən düzləndiricinin xarici xarakteristikasının qurulması zamanı R, L parametrləri dəyişməz qalır, əks ehq-si 100-dən 0V-a qədər 20 V addımla dəyişir. Xarici xarakteristika düzləndiricinin üç idarəetmə bucağının qiyməti üçün qurulur($\alpha = 0^\circ, 40^\circ, 60^\circ$). Modelləşdirmənin nəticələri cədvəl 2.4.1-ə qeyd edilir.

Cədvəl 2.4.1

Verillir		Ölçülür							
α	E	I_y	U_y	$I_1^{(1)}\max$	ϕ_1	I_{T0}	I_T	$U_{T\max}$	$I_{T\max}$
Dərəcə	V	A	V	A	Dərəcə	A	A	V	A

Qida mənbəyinin amplitudasını $U_{1\max} = \text{const} = 535\text{V}$ qəbul edirik. Qida mənbəyinin birinci harmonikasının cərəyanının amplitudası $I_1(1)_{\max}$ və bu cərəyanının başlanğıc fazası Display 1-in göstəricisinə görə, yükün cərəyanı və gərginliyi isə Display-in göstəricisinə görə təyin edilir. Bu kəmiyyətləri ani qiymətləri ossiloskopun ekranında müşahidə edilə bilər. Hesablamalardan birində bu asılılığı (ossiloskopun ekranı) göstərin. Multimetr blokunun qrafik pəncərəsində (U) maksimal gərginlik və (I) tristor cərəyanı müşahidə edilir və təyin edilir. Tristorun orta I_{T0} və I_T effektiv cərəyanı Display2-nin göstəricisinə görə təyin edilir. Düzləndiricilərin birinci harmonikaya görə qida mənbəyindən sərf etdiyi tam və aktiv gücün, həmçinin yük gücünün hesablanması aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$S_1(1) = \frac{3U_{1\max}I_1(1)_{\max}}{2} (VA), P_1(1) = \frac{3I_1(1)_{\max}U_{1\max}\cos\phi_1}{2} (Vt),$$

$$P_y = U_y I_y (Vt)$$

İdarə edilən düzləndiricinin tristorunda itkilər aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$P_T = U_f I_{T0} + I_T^2 R_{on},$$

burada U_f və R_{on} – tristorun parametrləri olub, tristor körpüsünün sazlanma pəncərəsində təyin edilir (şəkil 2.4.4).

Hesablamanın nəticəsi cədvəl 2.4.2.-də qeyd edilir.

Cədvəl 2.4.2

Hesablanır			
$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_y	P_T
VA	Vt	Vt	Vt

2.3.2. 2.4.1, 2.4.2 cədvəllərinin nəticələrinə görə aşağıdakılar qurulur:

-idarə edilən düzləndiricinin xarici (yük) xarakteristikası $U_y = f(I_y)$

-idarə edilən düzləndiricinin enerji xarakteristikası $I_1(1)_{max}$, I_{T0} , $I_T = f(I_n)$;

- idarə edilən düzləndiricinin enerji xarakteristikası $S_1(1)$, $P_1(1)$, $P_T = f(P_n)$.

3.3. Əks ehq-nin bir qiymətində və idarəetmə bucağının 0-dan 120 dərəcəyə qədər 20 dərəcə addım ilə dəyişməsi ilə üçfazlı idarə edilən düzləndiricinin tənzim xarakteristikalarının tədqiq edilməsi, bu zaman cədvəl 4.3 doldurulur.

Cədvəl 2.4.3.

Ölçülür	
α (dərəcə)	U_y (V)

Cədvəl 2.4.3-ün nəticələrinə görə tənzim xarakteristikası qurulur $U_y = f(\alpha)$.

3.4 İdarə etmə bucağının bir qiymətində idarə edilən düzləndiricinin sərf olunan cərəyanının spektral tərkibinin *Signal Processing Toolbox* paketində tədqiqi.

Harmonik tərkibin mütlq qiymətlərinin təyini üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edirlər:

$$I_1(\vartheta)_{\max}(A) = \frac{\vartheta y_{\vartheta}}{y_1} I_1(1)_{\max},$$

burada ϑ – harmonikanın nömrəsi, $I_1(\vartheta)_{\max}$ - ϑ –ci harmonikanın cərəyan amplitudu, y_1 , y_{ϑ} – spektral analiz yolu ilə təyin edilmiş qiymət, $I_1(1)_{\max}$ – displeylə oxunan cərəyan. Ölçmələr və hesablamalar nəticəsində cədvəl 2.4.4, 2.4.5 doldurulur.

Cədvəl 2.4.4

Ölçülər					
$\alpha(\text{dərəcə})$	y_2	y_3	y_4	y_5	$I_1(1)_{\max}(A)$

Cədvəl 2.4.5

Hesablanır			
$I_1(2)_{\max}(A)$	$I_1(3)_{\max}(A)$	$I_1(4)_{\max}(A)$	$I_1(5)_{\max}(A)$

3.5 İnvertor şəbəkəsinin tənzim və enerji xarakteristikalarını tədqiqi. Xarakteristikaların qurulması zamanı invertorun sabit cərəyan dövrəsində R, L parametrləri dəyişməz qalır, 10° addım ilə idarə etmə bucağı 90° –dən 110° -yə qədər dəyişir. Xarakteristika ehq-nin üç 200V, 300V, 400V qiyməti üçün qurulur. Hesablamalardan biri üçün sərf olunan cərəyanın,

gərginliyin və yük cərəyanının zamandan asılılığı hesabatda göstərilir. İdarəetmə bucağının və ehq-nin hər bir qiymətində modelləşdirmə aparılır, nəticə cədvəl 2.4.6-ya qeyd edilir.

Cədvəl 2.4.6

Verilir		Ölçülür					
α	E	I_y	U_y	$I_1(1)_{\max}$	ϕ_1	$U_{T\max}$	$I_{T\max}$
Dərəcə	V	A	V	A	Dərəcə	V	A

Dəyişən cərəyan şəbəkəsində invertorla generasiya edilən birinci harmonikaya görə tam və aktiv güc, sabit cərəyan dövrəsindəki güc aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$S_1(1) = \frac{U_{1\max} I_1(1)_{\max}}{2} (VA), P_1(1) = \frac{I_1(1)_{\max} U_{1\max} \cos \phi_1}{2} (Vt),$$

$$P_y = U_y I_y (Vt)$$

Hesablamaların nəticələri cədvəl 2.4.7-yə qeyd edilir.

Cədvəl 2.4.7

Hesablanır		
$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_y
VA	Vt	Vt

Cədvəl 2.4.6, 2.4.7-nin nəticələrinə əsasən invertor şəbəkəsinin tənzim xarakteristikası $U_y = f(I_y)$ və onun enerji xarakteristikası qurulur $S_1(1), P_1(1) = f(P_y)$.

3.6 Bir idarəetmə bucağı ilə yerinə yetirilən şəbəkədə invertorla generasiya edilən cərəyanın spektral tərkibinin *SPTool* paketində tədqiqi.

Harmonik tərkibin mütləq qiymətlərini təyin edilməsi üçün (1) ifadəsindən istifadə edirik. Hesablamanın və ölçmələrin nəticələri cədvəl 2.4.8, 2.4.9-a qeyd edilir.

Cədvəl 2.4.8

Ölçülür					
α (dərəcə)	y_2	y_3	y_4	y_5	$I_1(1)_{\max}$ (A)

Cədvəl 2.4.9

Hesablanır			
$I_1(2)_{\max}$ (A)	$I_1(\)_{\max}$ (A)	$I_1(4)_{\max}$ (A)	$I_1(5)_{\max}$ (A)

4. Hesabatın məzmunu

4.1 Qurğunun sxemi (şəkil 2.1.1).

4.2 Düzləndiricinin və invertorun əsas xarakteristikalarının hesablanması üçün ifadələr.

4.3 İdarə edilən düzləndiricinin yük, energetik və tənzim xarakteristikaları, cədvəl 2.4.1-2.4.3.

4.4 Sərf edilən cərəyanın spektral tərkibi, cədvəl 2.4.4, 2.4.5.

4.5 İnvertor şəbəkəsinin tənzim və energetik xarakteristikaları, cədvəl 2.4.6, 2.4.7.

4.6 Şəbəkədə invertordan generasiya edilən cərəyanın spektral tərkibi, cədvəl 2.4.8, 2.4.9

4.7 İdarə edilən düzləndiricinin və invertorun gərginlik və cərəyanının osilloqramları

4.8 İşin nəticəsi.

5. Yoxlama sualları

5.1 İdarə edilən düzləndiricinin yük və tənzim xarakteristikalarının analizini aparın.

5.2 İdarə edilən düzləndiricinin enerji xarakteristikalarının analizini aparın.

5.3 İdarə edilən düzləndiricinin sərf edilən cərəyanının spektral tərkibinin xarakteristikaları.

5.4 Nə üçün inverterun sxemində əks diod qoşulmur?

5.5 İnverterun tənzim xarakteristikasının analizini yerinə yetirin.

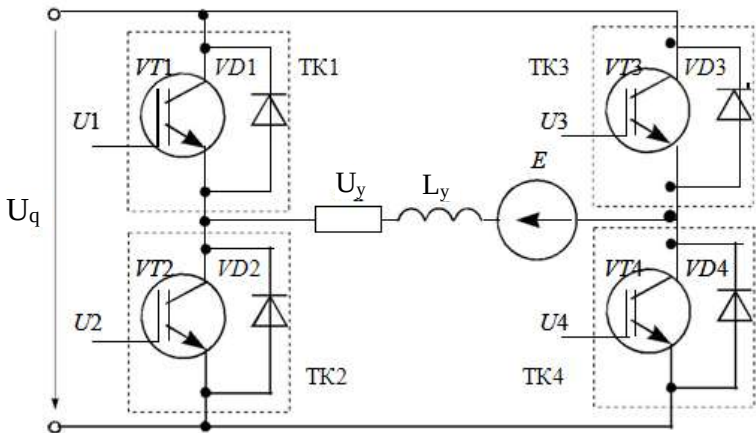
Laboratoriya işi №5

SİMMETRİK İDARƏETMƏ QANUNU İLƏ KÖRPÜ ENİNƏ-İMPULS ÇEVİRİCİSİNİN TƏDQIQI

İşin məqsədi: Simmetrik idarə etmə qanunu ilə əks e.h.q.-li aktiv-induktiv yüklə işləyən zaman körpü eninə-impuls çeviricisinin tənzim və energetik xarakteristikalarının tədqiqi.

1.İşin yerinə yetirilməsinə aid göstərişlər

Körpü eninə-impuls çeviricisi sabit cərəyan mənbəyini sabit cərəyan mühərriki ilə əlaqələndirir. Onlar aşağıdakı xassələrə malik olmalıdırlar:



Səkil 2.5.1

- mexaniki xarakteristikanın bütün kvadrantlarında onun işini təmin etmək üçün yük çevircilərinə malik olmaqla qida mənbəyi və icra mühərriki arasında enerjinin iki istiqamətli ötürülməsi ;

- təbiiliyə yaxın mexaniki xarakteristikanın alınması, elektrik intiqalının əlverişli statik və dinamik xarakteristikalarının alınması üçün çıxış müqaviməti cərəyandan asılı olmamalı və kiçik olmalıdır;

- sərt xarici xarakteristika və kiçik ətalətlik, yüksək FİƏ, intiqalının işində keçid rejimlərinin lazımı qədər artmasını təmin etmək üçün kifayət qədər yüklənmə qabiliyyəti;

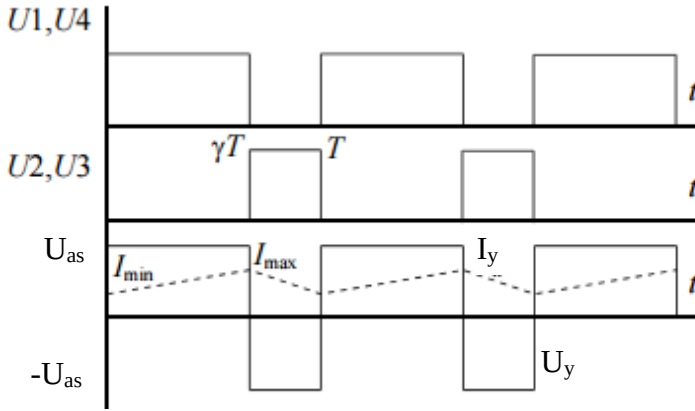
- şəbəkəyə təsir etməyən, yüksək maneələrdən mühafizə və etibarlılıq, kiçik kütlə və qabarit ölçülərə.

Güc elektronikasının cihazlarına əsaslanan 50 A-dən böyük kommutasiya cərəyanı sahəsinə IGBT tranzistorunu aid etmək olar.

Hal-hazırda IGBT 1800A-ə qədər cərəyanı və 4,5kV-a qədər gərginliyin kommutasiyasını təmin edir.

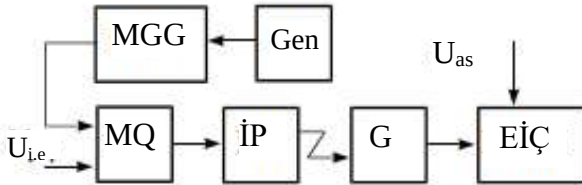
Eninə-impuls çeviricisinin sadələşdirilmiş prinsipial sxemi şəkil 2.5.1.-də göstərilmişdir. O dörd TK1-TK4 tranzistor açarına malik olur. Tranzistor açarları ilə təşkil edilmiş körpünün diaqonalında sabit cərəyan mühərrikinin lövbər dövrəsini tənzimləyən ekvivalent yük qoşulmuşdur. Eninə impuls çeviricisinin lövbər dövrəsinə görə idarə edilməsi üsulu simmetrikdir, dəyişmə vəziyyətində körpünün bütün dörd tranzistoru iştirak edir, eninə impuls çeviricisinin çıxışında gərginlik isə özünü uzunluğu giriş signalı ilə tənzim edilən işarəsini dəyişən impulslar kimi göstərir. Simmetrik idarə etmə üsulunun üstünlüyü realizasiyanın sadəliyi və tənzimləmə xarakteristikasında qeyri-həssaslıq zonasının olmamasıdır. Çatışmazlıqlara yüklə ikiqütblü gərginlik və bununla əlaqəli olan yük cərəyanının döyünməsinin artması aiddir.

Eninə-impuls çeviricisinin simmetrik üsul ilə idarə edilməsinin zaman diaqramları şəkil 2.5.2.-də göstərilmişdir.

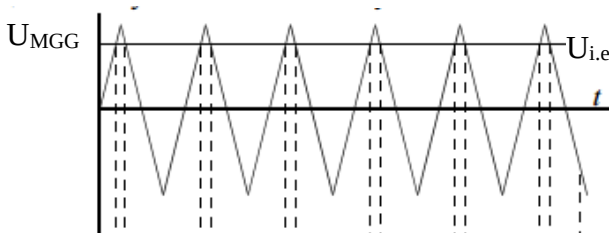


Şəkil 2.5.2

Körpünün diaqonalına VT1, VT4-ün qoşulması və VT2, VT3-ün ayrılması ilə yük cərəyanının axması üçün $+U_{\pi}, VT1, R_H, L_H, E, VT4, -U_{\pi}$ dövrəsi formalaşır. Bu intervalda yükə U_{π} gərginliyi əlavə edilir, cərəyan isə I_{min} -dan I_{max} -a qədər artır. VT2, VT3 tranzistorlarında gərginlik U_{π} -ə bərabərdir. Bu gərginlik VD2, VD3 diodları üçün mənfidir və cərəyan isə 0-dır. VT2, VT3 diaqonalların qoşulması və VT1, VT4 ayrılması ilə cərəyan yükün induktivliyinin hesabına $-U_{\pi}, VD2, R_H, L_H, E, VD3, +U_{\pi}$ dövrəsinə görə elə istiqamətdə axacaq ki, hansı ki, yük cərəyanı ehq və qida mənbəyi ilə qarşılaşacaq. Bu intervalda yükdə gərginlik öz işarəsini dəyişir, cərəyan isə azalır.



Şəkil 2.5.3

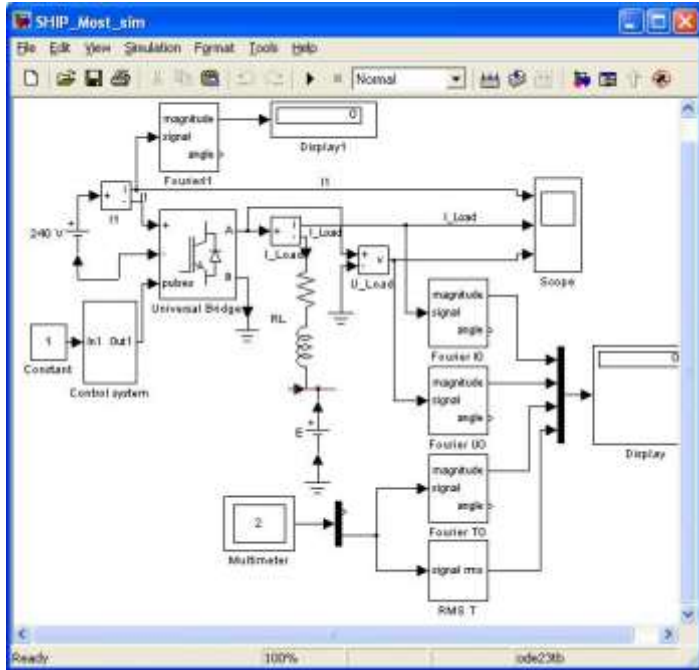


Tranzistorlu eninə-impuls çeviricisinin ümumi funksional idarə etmə sxemi şəkil 2.5.3-də təsvir edilmişdir. Mişarvari gərginliklər generatoru mişarvari gərginliklər hasil edir. Müqayisə sxemi rele elementindən ibarət olub, bərabərləşmə momentində $U_{MGG} = U_{i.e}$ müsbəti mənfi ilə və ya əksinə birləşir.

Eninə-impuls çeviricisinin idarə edilməsi üçün impuls ayırıcıları düz və invers çıxışa malik olur. Bu impulsar gücləndiricidə gücləndirilərək, əkfazada körpü diaqonalının tranzistorunun bazasına verilir. (şək.2.5.4).

2.Virtual laboratoriya qurğusunun təsvir edilməsi

Tədqiq olunması üçün virtual laboratoriya qurğusu şəkil 2.5.5- də göstərilmişdir, ona daxildir:



Şəkil 2.5.5

- sabit gərginlik mənbəyi (240 V);
- əks e.h.q.-li aktiv-induktiv yük (R,L), (E);
- qida mənbəyində ani cərəyanları (I_1) və yükü (I_{load}) ölçənlər;
- yükdə ani gərginliyi ölçən (U_{load});
- qidalanma cərəyanının (*Fourier I1*), yük cərəyanının (*Fourier I0*), güc yarımkeçirici modulun cərəyanının (*Fourier T0*) orta qiymətinin ölçmə bloku;

- yükdə gərginliyin orta qiymətinin ölçülməsi üçün blok (*Fourier U0*);
- güc yarımkeçirici modula təsir edən cərəyanın ölçülməsi üçün blok (*RMC T*);
- qidalanma dövrəsində cərəyanın ani qiymətini, yük cərəyanı və yükdə gərginliyin ani qiymətini müşahidə etmək üçün blok;
- *Measurement* sahəsində seçilmiş bloklara (*Multimeter*) uyğun olaraq kəmiyyətlərin ani qiymətlərinin müşahidə və ölçmə bloku;
- qidalanma dövrəsi cərəyanının orta qiymətinin ölçmə bloku (*Display1*);
- yükdə gərginliyin və cərəyanın orta qiymətlərinin, həmçinin güc yarımkeçirici modullarda cərəyanın orta və təsiredici qiymətlərinin ölçülməsi üçün olan blok (*Display*);
- birfazlı körpü tranzistorlu eninə impuls çeviricisi şəkil 2.5.6-da göstərilmişdir. (*Universal Bridge*);
- eninə impuls çeviricisinin idarə etmə bloku (*Control System*).

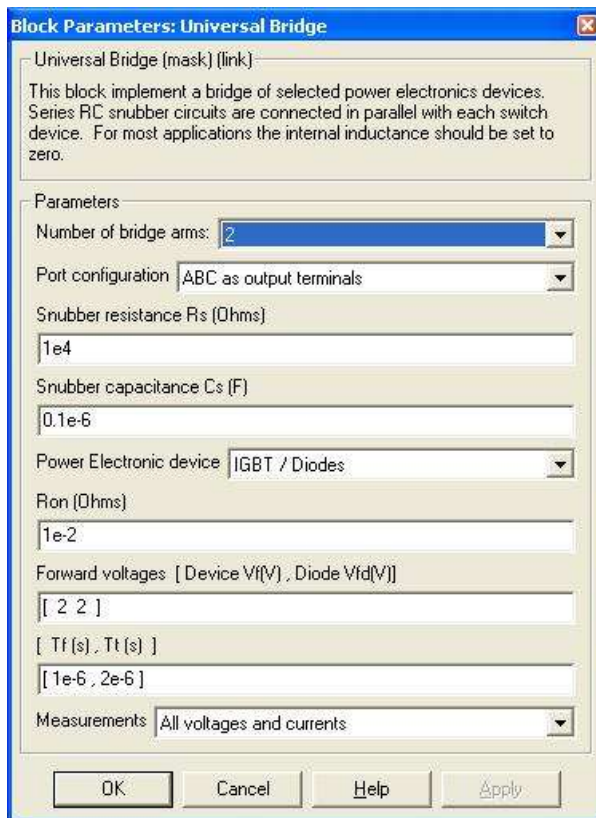
Universal Bridge blokunun sahəsinə məlum olan parametrlərdən başqa aşağıdakılar da aid edilir:

- Omax-da yarımkeçirici modulun dinamik müqaviməti (*Ron*, *Ohms*);
- Voltada açıq vəziyyətdə modulun tranzistor və diodunda hədd gərginliyi (*Forward Voltage*, *V*);
- saniyədə azalma müddəti və qoşulmanın dartılma müddəti (*Tf*, *Tt*).

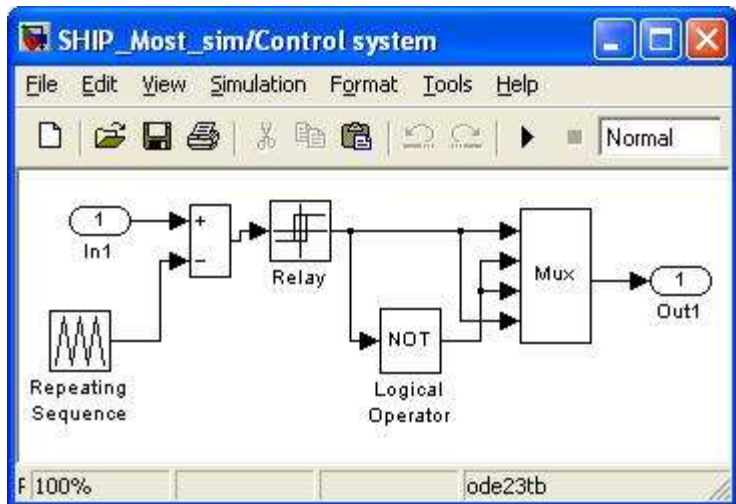
İdarə etmə blokunun modeli (*Control System*) şəkil 2.5.7-də göstərilmişdir. *Repeating Sequence* bloku mişarvari gərginlik generatoruna malikdir. Mişaraoxçar gərginlik generatorunun parametrləri şəkil 2.5.8.-də parametrlər pəncərəsindən verilir:

- mişarvari gərginliyin amplitudu 2V;
 - mişaraoxçar gərginliyin periodu $T_0 = 0,002$ s. ($f_0 = 500\text{Hz}$).
- Aktiv-induktiv yükün realizasiyası üçün - $R = 10(\text{ Ohms})$ $L = 20e - 4(H)$ verilir.

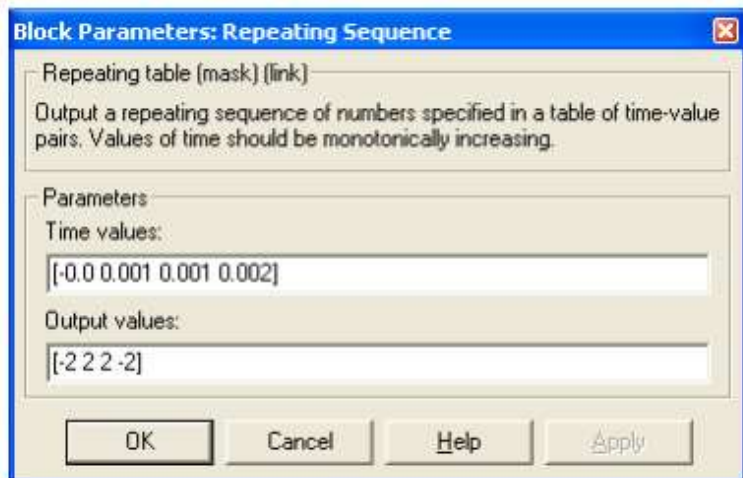
Parametrlərin sazlanması pəncərəsində *Fourier I1*, *Fourier I0*, *Fourier U0*, *Fourier T0* bloklarının tezlikləri mişarvari gərginlik generatorunun tezliyinə bərabər (500Hz) və 0 nömrəli harmonikaya quraşdırılır. *RMS T* bloku üçün yalnız tezlik göstərilir (500Hz).



Şəkil 2.5.6



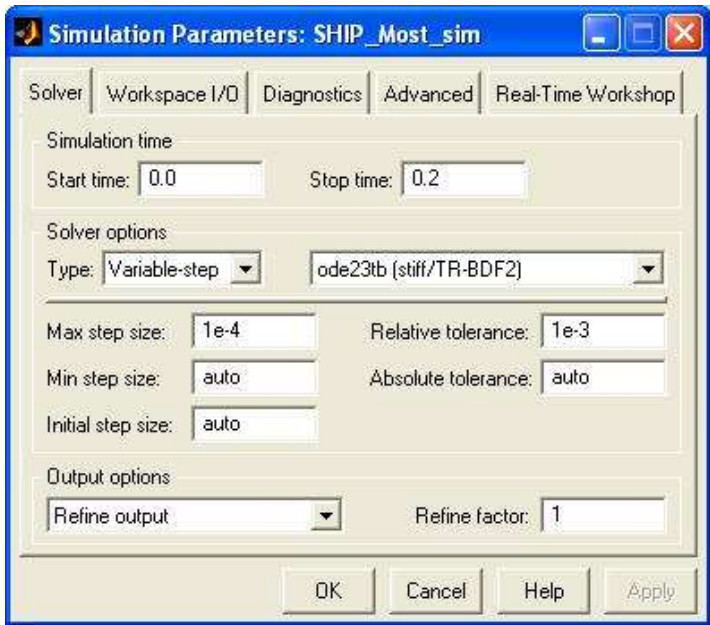
Şekil 2.5.7



Şekil 2.5.8

3.1 Modeləşdirmə parametri şəkil 2.5.9-da göstərilmiş *Simulation/Simulation Parameters/Solver* əlavəsindən tapşırılır. Parametrlərinin xarakteristikalarının çıxarılması zamanı R, L yükü dəyişməz qalır, idarə etmə gərginliyi 2V-dan 2V-a qədər 0,5V addımla dəyişir.

E.h.q.-nin üç qiyməti 0, 100, 200V üçün xarakteristikalar çıxarılır. Bu halda modeləşdirmə idarə etmə gərginliyinin və e.h.q.-nin hər bir qiymətləri üçün aparılır.



Səkil 2.5.9

Modeləşdirmənin nəticəsi və hesablamalar 2.5.1, 2.5.2 cədvəllərinə yazılır.

Cədvəl 2.5.1

Verilir		Ölçülür						
U_y	E	I_H	U_H	I_1	I_T	$IT(RMS)$	U_{Tmax}	I_{Tmax}

Cədvəl 2.5.2.

Hesablanır			
γ	P_1	P_T	P_H

Qida mənbəyində cərəyanın orta qiyməti *Display1* göstəricilərinə görə təyin edilir. *Display* blokunda ölçülən kəmiyyətlər aşağıdakı ardıcılıqla göstərilir:

orta yük cərəyanı; yükdə orta gərginlik; güc modulunda orta cərəyan; modula təsir edən cərəyan. Qida mənbəyi cərəyanının, yükün və yükdə gərginliyin ani qiyməti ossiloskopun ekranında müşahidə olunur. Hesabatlardan birində bu asılılıqlar (ossiloskoun ekranı) hesabatda göstərilir.

Multimeter blokunun qrafik pəncərəsində güc yarımkeçirici modulun (U_{Tmax}) maksimal gərginliyi və (I_{Tmax}) cərəyanı müşahidə olunur və təyin edilir.

Yükdə gərginlik impulsunun nisbi davamlılığı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$\gamma = t_i / T_0 ,$$

burada T_0 – mişarvari gərginliklər generatorunun gərginlik periodu, t_i –absis oxunda U_{Load} ossiloqrammaya görə təyin edilir (0V gərginlik halında).

Qida mənbəyində dövrəsində güc aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_1 = U_{as}I_1(Vt),$$

Burada U_{as} – qida gərginliyi.

Güc modulunda kvazistatik itkilər aşağıdakı ifadəyə görə hesablanır:

$$P = [\gamma U_f + (1 - \gamma) U_{fd}] I_T + R_{on} [I_T (RMS)]^2,$$

burada U_f , U_{fd} , R_{on} – güc modulunun parametri
Yükdə güc aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_y = U_y I_y (Vt).$$

3.2. Cədvəl 2.5.1, 2.5.2-in nəticəsinə görə qururuq:

- Eninə-impuls çeviricisinin tənzim xarakteristikası $U_y = f(\gamma)$;
- Eninə-impuls çeviricisinin energetik xarakteristikası $P_1, P_T = f(P_y)$
 $I_1, I_T (RMS), I_T, I_{Tmax} = f(I_y)$.

4. Hesabatın tərkibi

4.1 Quraşdırma sxemi şəkil 2.5.1.

4.2 Əsas xarakteristikaların hesablanması üçün ifadələr.

4.3 Energetik xarakteristikalar.

4.4 Tənzim xarakteristikası, cədvəl 2.5.1, 2.5.2

4.5 Ani gərginlik və cərəyanın ossiloqrammaları

4.6 Nəticə.

5. Yoxlama sualları

5.1 Eninə-impuls çeviricisinin simmetrik, qeyri-simmetrik və növbəli idarəetmə metodlarının müqayisə xarakteristikalarını çıxarın.

5.2 Eninə-impuls çeviricisinin energetik xarakteristikasının analizinin yerinə yetirilməsi.

5.3 Tənzim xarakteristikasının analizinin yerinə yetirilməsi.

5.4 Eninə-impuls çeviricisinin idarəetmə sisteminin iş prinsipini izah etməli.

Laboratoriya işi №6

SİMMETRİK İDARƏOLUNAN BİRFAZALI KÖRPÜ İNVERTORUNUN TƏDQIQI

İşin məqsədi: Aktiv-induktiv yüklənmədə işləmə zamanı sinusoidal eninə-impuls modulyasiyalı simmetrik idarə etmə ilə birfazlı körpü invertorunun tədqiqi. Tənzim, xarici və energetik xarakteristikaların analizi və qurulması. Gərginliyin və yük cərəyanının harmonik tərkibinin tədqiqi.

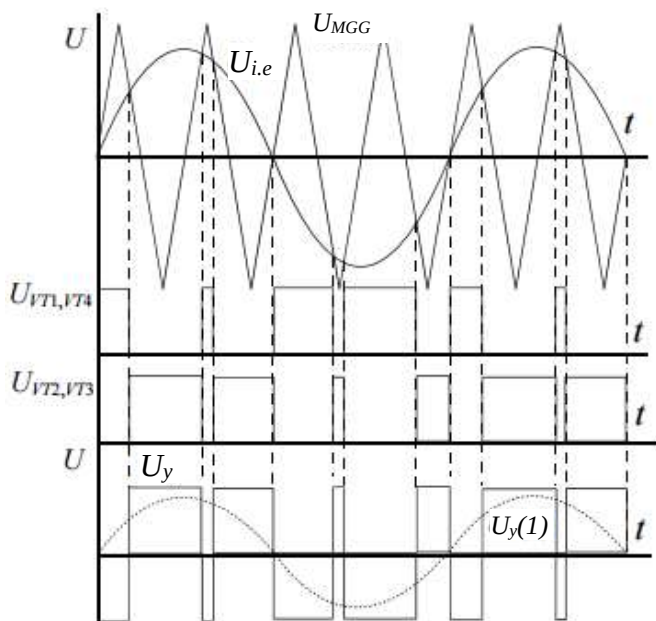
1. İşin yerinə yetirilməsinə aid göstərişlər.

Güc çevriciləri texnikasında avtonom invertorlar elə qurğular adlanır ki, ümumi halda tezlik və gərginliyi tənzimləməklə sabit cərəyanı dəyişən cərəyana çevirir. Avtonom invertorların tətbiq edilmə sahələri aşağıdakılardır:

- qidalanma mənbəyi yalnız akkumulyator batareyası olduqda dəyişən cərəyanla qidalanan işlədicilərdə;
 - kontakt şəbəkəsi və ya digər sabit cərəyan mənbəyindən istifadə olunan elektrik nəqliyyatında, dartı mühərriki kimi ucuz başa gələn qısaqapalı asinxron mühərriki əlverişlidir;
 - invertorun dəyişən gərginlik və tezlik mənbəyi kimi xidmət etdiyi sinxron və asinxron mühərrikli elektrik intiqalında,
 - metalik məmulatların əriməsi üçün yüksək tezlik mənbəsi kimi avtonom invertorların xidmət etdiyi elektrotermiyada;
- Elektroenergetikada, aktiv filtr, tənzimlənən kompensatorların reaktiv gücü və təhrif olunma gücü funksiyasını yerinə yetirən avtonom invertor.

Birfazlı invertorun güc hissəsi eninə impuls çeviricisinin güc hissəsini tam təkrar edir (şəkil 5.1), onlar arasında fərq yalnız güc tranzistor açarlarının idarə etmə alqoritmləridir.

Əgər simmetrik idarə etmə qabunu ilə eninə impuls çeviricisinin idarə etmə sxemində girişə sabit deyil, dəyişən tezlikli gərginlik versək, onda yükdə impuls gərginlikləri formalaşacaq.



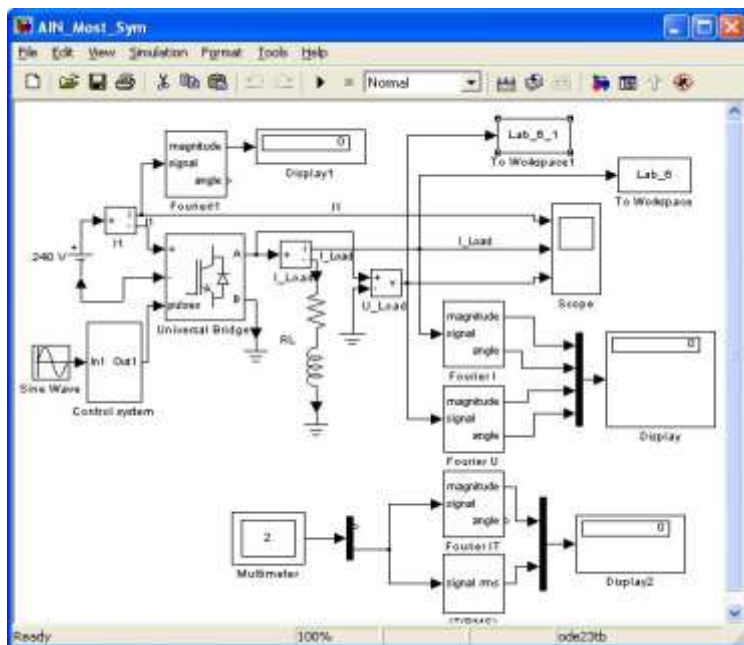
Şəkil 2.6.1

Son illərdə güclü təztəsiredən tranzistorların meydana çıxması ilə əlaqədar (IGBT, MOSFET) sinusoidal qanun üzrə eninə impuls modulyasiyası əsasında invertorun idarə etmə üsulu alınmışdır. Bu alqoritmi realizə edən funksioanal idarə etmə sxemi eninə impuls çeviricisi üçün baxılan sxem ilə analojidir (şəkil 2.5.3.), lakin bu halda idarəetmə sxeminin girişinə sinusoidal gərginlik vermək lazımdır. Mişara oxşar gərginlikli generator yüksək tezlikli mişara oxşar gərginlik generasiya edir. Bu gərginlik tezlik və qiyməti giriş siqnalı ilə verilən sinusoidal gərginlik ilə müqayisə edilir (şəkil 2.6.1). İnvertorun modulyasiyasının baxılan üsulunda tənzimlənən gərginlik mənbəyi nəzərdə tutulmuşdur.

2. Virtual laboratoriya qurğusunun təsviri

Tədqiq edilmək üçün virtual laboratoriya qurğusu şəkil 2.6.2-də göstərilmişdir, o ibarətdir:

- sabit gərginlik mənbəyi(240 V); -induktiv yük aktiv (R, L); qida mənbəyində (I_1) və yükdə (I_{load}) ani cəyənları ölçən; yükdə ani gərginlikləri ölçən(U_{load});



Şəkil 2.6.2

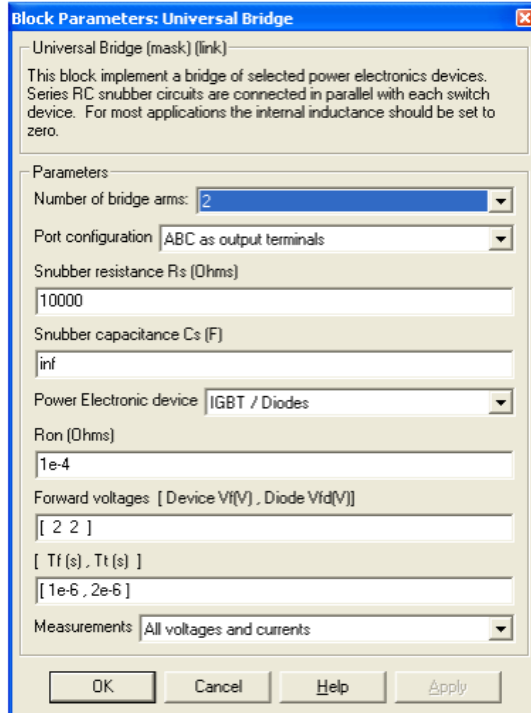
- harmonik tərkiblərin ölçmə bloku: qidalanma cərəyanı (*Fourier I1*); yük cərəyanı (*Fourier I*); güc modulunun cərəyanı (*Fourier IT*); yükdə gərginlik (*Fourier U*);
- güc modulunun təsir edici cərəyanının ölçülməsi üçün blok (*IT (RMS)*);

- qidalanma dövrəsində ani cərəyanların qiymətinin, yük cərəyanını və yükdə gərginliyinin müşahidə edilməsi üçün blok (Scope);
- Measurement sahəsində seçilən (*Multimeter*) bloklara uyğun olaraq kəmiyyətlərin ani qiymətlərinin ölçülməsi və müşahidə edilməsi üçün blok;
- qidalanma dövrəsində cərəyanın orta qiymətinin ölçmə bloku (Display 1);
- yükə gərginliyin və cərəyanın birinci harmonikasının amplitudasının, həmçinin onların fazalarının ölçülməsi üçün blok, (Display);
- güc modulunda orta və təsiredici qiymətlərin ölçülməsi üçün olan blok (Display2);
- birfazlı körpü tranzistorlu invertor (Universal Bridge);
- İdarəetmə bloku (*Control System*);
- *To Workspace, To Workspace1* blokları, tədqiq olunan siqnalların *MATLAB* işçi sahəsinə ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur, *Signal Processing Toolbox* yük cərəyanı və gərginliyinin harmonik spektrlərini tədqiq edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur;
- modullaşdırıcı gərginliklərin tapşırılma bloku (*Sine Wave*).

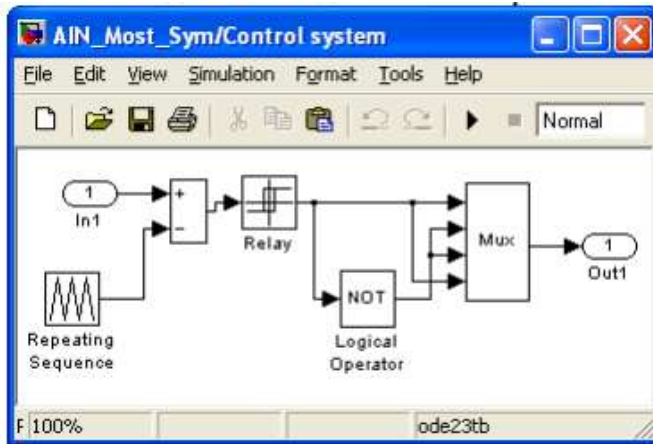
Universal Bridge bloku sahəsində (şəkil 2.6.3), məlum olan parametrlərdən başqa aşağıdakılar daxildir:

- Omax-da yarımkeçirici modulun dinamik müqaviməti (*Ron, Ohms*); -volda açıq vəziyyətində modulun tranzistor və diodunun hədd gərginliyi (*Forward Vol-tage, V*);
- saniyədə azalma müddəti və ayrılmanın dartılma müddəti (*Tf, Tt*)

İdarə etmə blokunun modeli (*Control System*) şəkil 2.6.4-də göstərilmişdir. *Repeating Sequence* bloku mişarvari gərginliklər generatoruna malikdir. Mişarvari gərginliklər generatorunun parametrləri şəkil 2.6.5.-də parametrlər pəncərəsindən verilir:



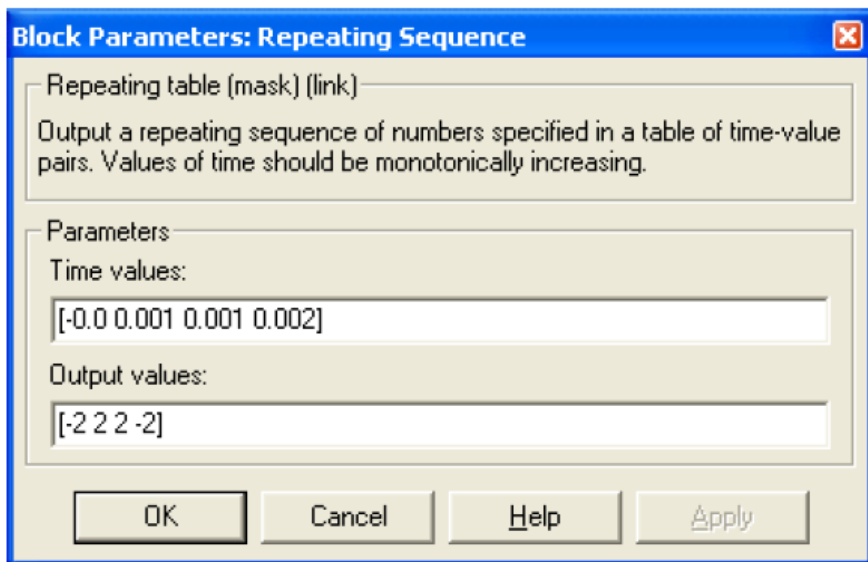
Şekil 2.6.3



Şekil 2.6.4

- mişarvari gərginliyin amplitudu 2V;
- mişarvari gərginliyin periodu $T_0 = 0,002$ s. ($f_0 = 500$ Hz).

Sine Wave sazlama bloku pəncərəsi şəkil 2.6.6-da göstərilmişdir. Pəncərə sahəsinə amplitudlar, tezlik və modullaşdırıcı gərginliyin başlanğıc fazası tapşılır.



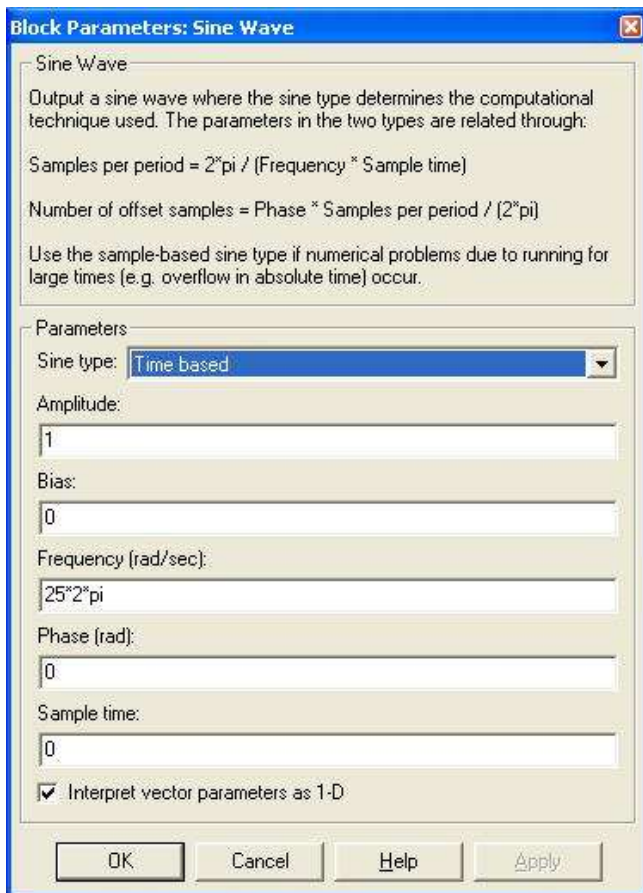
Şəkil 2.6.5

Şəkil 2.6.6-dan görünür ki, modullaşdırıcı gərginliyin tezliyi 25Hz-dir.

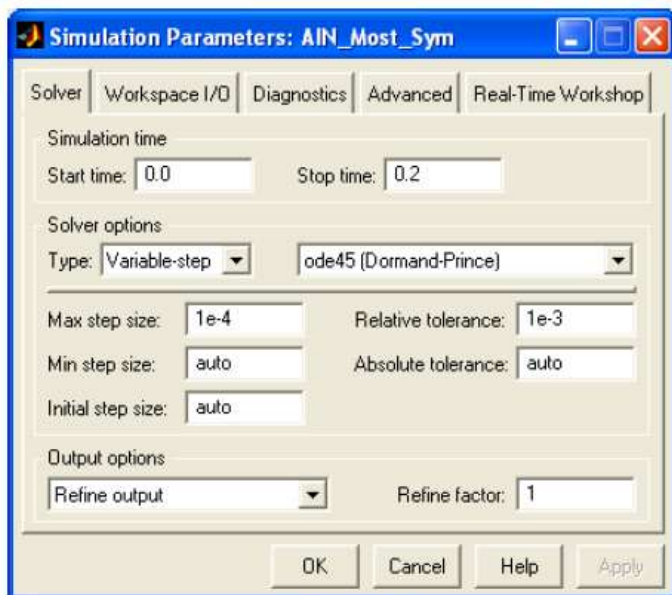
Bu tezliyə ölçmə harmonikaları əsasında *Fourier I1*,

Fourier I, *Fourier U*, *Fourier IT*, *IT(RMS)* ölçü bloklarının parametrləri sazlanır. *To Workspace*, *To Workspace1* bloklarının sazlama parametrləri pəncərələri standartdır. Sazlama pəncərəsinin birinci sahəsi dəyişən adlanır, ölçülən vektor işçi sahədə olur. İkinci sahədə vektorun uzunluğu təyin edilir. Vektorun uzunluğu tezliklə, həmçinin *Sample Times* zaman sahəsi ilə əlaqələnməlidir. Tədqiq edilən siqnalın tezliyi 25 Hz-dir

(periodu 0,04 s.). $1e-4$ zamanın oxunması zamanı periodda 400 nöqtə hesab edilir. bunun nəticəsində, 800 uzunluqlu vektor halında işçi sahədə tədqiq edilən signalın iki sonuncu periodu qeyd edilir.



Şəkil 2.6.6



Şəkil 2.6.7

3. Laboratoriya işinin aparılma ardıcılığı

3.1. Modelləşdirmə parametrləri şəkil 2.6.7-də göstərilən Simulation/Simulation Parameters/Solver paketindən tapşırıılır. Xarici xarakteristikanın çıxarılması zamanı R_y , L_y parametrləri dəyişir. R_y müqaviməti 10-dan 100Om həddinə qədər dəyişə bilər. Bu halda R_y -in hər bir qiyməti üçün L_y -nin elə qiyməti hesablanır ki, yük zaman sabiti dəyişməz qalsın, $T = L_y / R_y = 0,01$ san bərabərdir. Yük müqavimətinin hər bir qiyməti üçün modelləşdirmə aparılır. Modelləşdirmənin nəticələri cədvəl 2.6.1-də qeyd edilir.

Cədvəl 2.6.1

Verilir		Hesablanır					
R_y	L_y	I_1	$U_y(1)\max$	$I_y(1)\max$	φ_u, φ_i	I_T	$I_T(\text{OKQ})$
Om	Hn	A	V	A	Dərəcə	A	A

Yükdə cərəyan və gərginliyin birinci harmonikasının amplitudası və onların başlanğıc fazası $Display$ göstəricisinə görə təyin edilir, qida mənbəyində orta cərəyan $Display1$ göstəricisinə görə təyin edilir, bu kəmiyyətlərin ani qiymətləri ossiloskopun ekranında müşahidə edilir. Hesablamalardan biri üçün hesabatda bu asılılıqlar (ossiloskopun ekranı) göstərilir. Güc yarımkeçirici modulunda orta və təsiredici cərəyan $Display2$ göstəricisinə görə təyin edilir.

Multimeter blokunun qrafik pəncərəsində güc modulunun maksimal gərginliyi və cərəyanı müşahidə edilir.

Yükdə cərəyan və gərginliyin birinci harmonikaları arasında fazaya görə sürüşməsi: $\Phi_y = \Phi_u - \Phi_i$

Yükdə birinci harmonikaya görə tam və aktiv güc aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin edilir.

$$S_y = \frac{U_y(1)_{\max} I_y(1)}{2} (VA) \quad P_y(1) = \frac{U_y(1)_{\max} I_y(1) \cos \varphi_y}{2} (Vt),$$

Qida mənbəyindən sərf edilən güc aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_1 = U_1 I_1, Vt$$

Güc yarımkeçirici modulunda itkilər aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_T = \left[m U_f + (1 - m) U_{fd} \frac{\cos \varphi_H - 1}{\cos \varphi_H + 1} \right] I_T + R_{0n} [I_T (OKQ)]^2$$

Burada U_f , U_{fd} , R_{0n} - güc modulunun parametrləri, I_T , $I_T(OKY)$ -onun orta və təsiredici cərəyanıdır (cədvəl2. 6.1).

Yükdə gərginlik modulyasiya əmsalı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$m = U_{mod} / U_{MGG}$$

Burada U_{MOD} –modullaşdırılmış sinusoidal gərginlikdir, U_{MGG} -mişarvari gərginlik generatorunun gərginliyinin amplitududur.

Ölçmələrin nəticələrinə görə hesablama hissəsini nəzərə almaqla cədvəl 2.6.2 doldurulur.

Cədvəl 2.6.2

Hesablanır				
Φ_y	$S_{y(1)}$	P_1	$P_{y(1)}$	P_T
Dərəcə	VA	Vt	Vt	Vt

3.2. Cədvəl 2.6.1, 2.6.2-nin nəticəsində qurulur:

-invertorun xaeici (yük) xarakteristikası $U_y=f(I_y)$

-invertorun energetik xarakteristikaları $S_1(1)$, P_1 , $P_T=f(P_y)$, I_1 , $I_T(OKQ)$, $I_T=f(I_y)$.

3.3. İnvertorun tənzim xarakteristikasının tədqiqi yük müqavimətinin bir qiyməti ilə yerinə yetirilir və modullaşdırılmış gərginliyin amplitudu 0-dan 2V-a qədər 0,5V addımla dəyişir. Modullaşdırma modullaşdırılan gərginliyin hər bir qiyməti üçün aparılır, bununla da cədvəl 2.6.3 doldurulur.

Cədvəl 2.6.3

Ölçülür	
$U_{mod} (V)$	$U_y (V)$

Cədvəl 2.6.3 verilənlərinə əsasən tənzim xarakteristikası qurulur $U_y=f(U_{mod})$.

3.4. *Signal Processing Toolbox* paketində modullaşdırılmış gərginliyin eyni qiymətində inverterin gərginliyinin və yük cərəyanının spektral tərkibinin tədqiqi. Voltlar və amperlərdə harmonik tərkiblərin tam qiymətlərinin təyin edilməsi üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə edilir:

$$U_y(\vartheta) \max(V) = \frac{\vartheta y_2}{y_1} U_y(1) \max,$$

$$I_y(\vartheta) \max(A) = \frac{\vartheta y_2}{y_1} I_y(1) \max,$$

Burada ϑ –harmonikanın nömrəsi, $I_y(\vartheta)max, U_y(\vartheta)max$ –voltlar, amperlərdə ϑ -cı harmonikada cərəyan və gərginliyin amplitudları; y_1, y_{ϑ} -spektral analiz yolu ilə təyin edilmiş qiymətlər; $I_y(1)max, U_y(1)max$ -amper, voltlarda yüklərin cərəyan və gərginliyinin birinci harmonikasının amplitudasıdır, displaydən oxunur. Ölçmələrin və hesablamaların nəticələri cədvəl 2.6.4-2.6.7-yə qeyd edilir.

Cədvəl 2.6.4.

Ölçülür					
$I_y(1)max$ (A)	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6

Cədvəl 2.6.5.

Hesablanır				
$I_1(2)max(A)$	$I_1(3)max(A)$	$I_1(4)max(A)$	$I_1(5)max(A)$	$I_1(6)max(A)$

Cədvəl 2.6.6

Ölçülür					
$U_y(1)max$ (A)	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6

Cədvəl 2.6.7

Hesablanır				
$U_1(2)max(V)$	$U_1(3)max(V)$	$U_1(4)max(V)$	$U_1(5)max(V)$	$U_1(6)max(V)$

4.Hesabatın tərkibi

- 4.1 Qoşulma sxemi (şəkil 2.5.1 e.h.q. istisna olmaqla)
- 4.2 Əsas xarakteristikaların hesablanması üçün ifadələr.
- 4.3 Energetik xarakteristikalar , cədvəl 2.6.1, 2.6.2.

- 4.4 Tənzim xarakteristikaları, cədvəl 2.6.3.
- 4.5 Ani gərginlik və cərəyan ossiloqrammaları.
- 4.6 Cədvəl 2. 6.4-2.6.7.
- 4.7 İşin nəticəsi.

5. Yoxlama sualları

- 5.1 Simmetrik, qeyri-simmetrik üsul ilə idarə edilən avtonom inverterin müqayisə xarakteristikaları.
- 5.2 İnverterin enerji xarakteristikalarının analizi yerinə yetirin.
- 5.3 Tənzim xarakteristikalarının analizini yerinə yetirin.
- 5.4 İnverterin idarəetmə sisteminin iş prinsipini izah edin.
- 5.5 İnverterin çıxışında gərginliyin spektral tərkibini qiymətləndirin.

ƏDƏBİYYAT

- 1.Qardaşov S.Q., Hüseynov T.X., Səmədov T.H. “Elektrik intiqalının əsasları fənnindən laboratoriya işləri.” Bakı 2001. 82 səh.
- 2.Qardaşov S.Q., Əliyev H.S..Məmmədov Ə.T.”Elektrik itiqalı fənnindən tədris metodiki vəsait” Bakı 2017. 163 səh.
- 3.Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника:Лабораторные работы на ПК.- СПб.:Учитель и ученик,Корона принт, 2002. – 304с.
- 4.Дьяконов В. *MatLab*. Анализ, идентификация и моделирование сис-тем. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.
5. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. Ч. 1. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 199 с.
6. Гнатенко М.А., Зиновьев Г.С. Силовая электроника. Ч. 1: Метод. Руководство к лабораторным работам. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. – 21 с.
7. Зиновьев Г.С., Макаревич А.Ю., Попов В.И. Силовая электроника. Ч. 2: Метод. руководство к лабораторным работам. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 31 с.
8. Васильковский А., Зиновьев Г.С. Силовая электроника. Метод. Руководство к лабораторным работам. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 35 с.

Əliyev Hikmət Səxavəddin oğlu
Qardaşov Sədrəddin Qudbiddin oğlu
Vahabzadə İllahə Mirzəağa qızı
Manafov Əmiraslan Şahmürad oğlu

GÜC ELEKTRONİKASI VƏ ELEKTRİK İNTİQALININ İDARƏ EDİLMƏSİ

Metodiki göstəriş