

İTÜ



## GÜÇ ELEKTRONİĞİ ÖDEV-2

*HAZIRLAYAN*

*AD – SOYAD : Tahsin OCAKTAN*

*ÖĞRENCİ NO : 040200549*

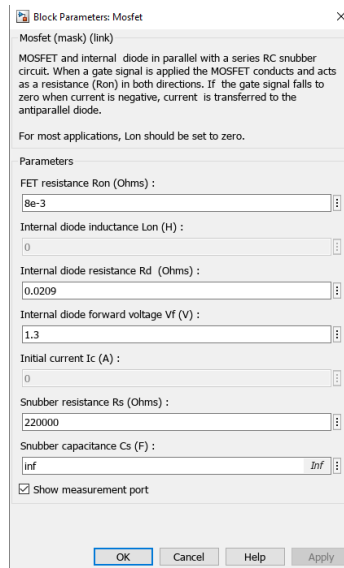
*DERS : Güç Elektroniği Devreleri*

*SINIF EĞİTMENİ : Derya Ahmet KOCABAŞ*

## SORU 1

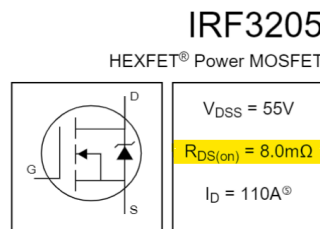
## Mosfet Parametrelerinin Belirlenmesi:

Tetikleme elemanı olarak kullanılmış olan mosfetin parametrelerinin belirlenmesi, devre çıkışında yüke aktarılan güç büyüklüğü açısından önemlidir. Yani seçilen mosfet verimi doğrudan etkilemektedir. Bu sebepten dolayı mosfet seçimi yapılırken devre giriş voltajına uygun olan mosfetler listelendi ve aralarından yüke maksimum güç aktarılmasını sağlayan mosfet seçildi.



Figür 1: Simulink MOSFET Parametreleri

IRF3205 Mosfet kullanılarak devre anahtarlama yapılmıştır. Bu mosfet, yüksek verimlilik ve yüksek anahtarlama hızı özellikleri sebebiyle güç uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Benzetim devresi oluşturulurken simulinkte mosfet elemanı için girilen parametreler *figür1* de gösterilmiştir. Parametrelerin belirlenmesi IRF3205 datasheeti kullanılarak belirlenmiştir. IRF3205 datasheet ayrıca ödevin bulunduğu dosya içerisinde mevcuttur. Parametre belirlemede kullanılan bölümler ise *figür2*, *figür3* ve *figür 4*'te gösterilmiştir. Burada belirtilen “FET resistance Ron (Ohms)” değeri *figür2* ye göre 8 mΩ dur.



Figür 2: Ron değeri

“Snubber resistance  $R_s$  (Ohms)” değeri *figür 3’te* bulunan minimum  $V_{(BR;DSS)}$  değerinin  $I_D$  ye bölünmesiyle elde edilmiştir. Sonuç olarak değer  $220000 \Omega$  bulunmuştur.

Electrical Characteristics @  $T_J = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise specified)

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	55	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	—	0.057	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	—	—	8.0	mΩ	$V_{GS} = 10V, I_D = 62A$ ④
$V_{GS(th)}$	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
$g_{fs}$	44	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 62A$ ④
$I_{DSS}$	—	—	25	μA	$V_{DS} = 55V, V_{GS} = 0V$
	—	—	250	μA	$V_{DS} = 44V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	—	—	100	nA	$V_{GS} = 20V$
	—	—	-100	nA	$V_{GS} = -20V$
$Q_g$	—	—	146	nC	$I_D = 62A$
$Q_{gs}$	—	—	35	nC	$V_{DS} = 44V$
$Q_{gd}$	—	—	54	nC	$V_{GS} = 10V$ , See Fig. 6 and 13

Figür 3:  $R_s$  değeri için parametreler

Son olarak “Internal diode forward voltage  $V_f$  (V)” değeri *figür 4’te*  $V_{SD}$  değerine eşittir. “Internal diode resistance  $R_d$  (Ohms)” değeri ise  $V_{SD}$  değerinin  $I_S$ ’ye bölünmesiyle elde edilir ve bu değer  $0.0209\Omega$  değerine eşittir.

Source-Drain Ratings and Characteristics

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$I_S$	—	—	110	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	—	—	390	A	
$V_{SD}$	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 62A, V_{GS} = 0V$ ④
$t_{rr}$	—	69	104	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 62A$
$Q_{rr}$	—	143	215	nC	$di/dt = 100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	—	—	—	—	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$ )

Figür 4:  $R_d$  değeri için parametreler

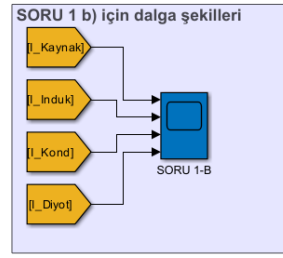
### %60 Çalışma Oranı İçin İstenenler:

Çalışma oranının %60 olabilmesi için “pulse generator” elemanının “Pulse Width (% of period)” parametresi 60 olarak ayarlanmıştır. Çıkış geriliminin hesaplanabilmesi için kitapta verilmiş olan *denklem 1* kullanılmıştır. *Denklem 1’e* göre değerler yerine koyulduğunda -72 volt çıkış gerilimi bulunmuştur.

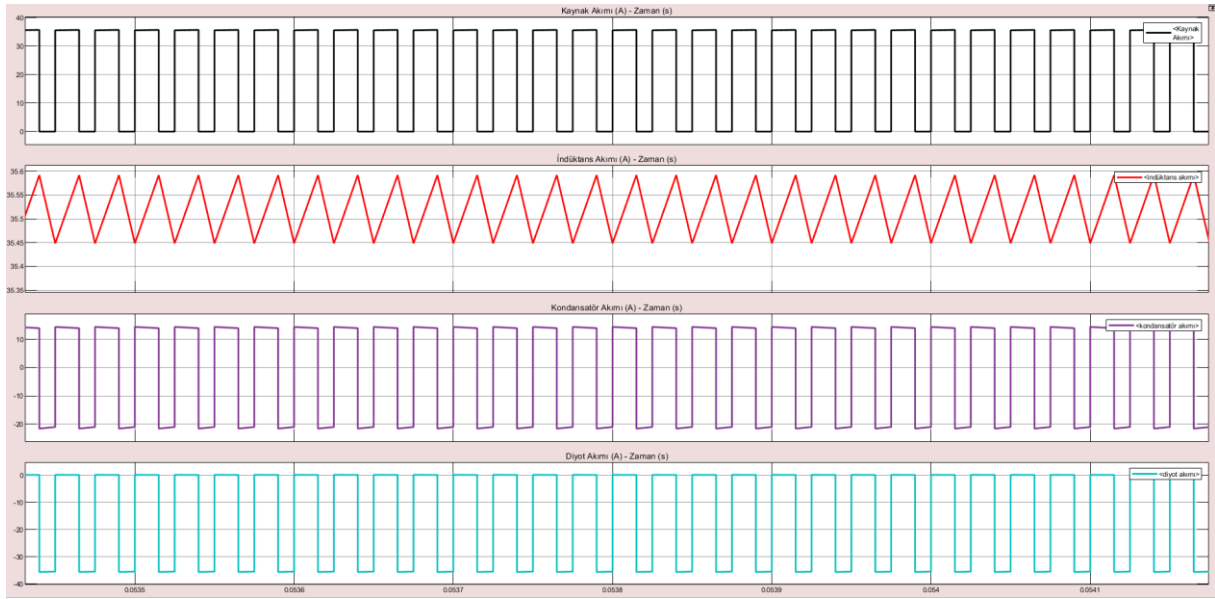
$$V_o = -V_s \left( \frac{D}{1-D} \right) = -48 \times \frac{0.6}{0.4} = -72 \text{ volt}$$

Denklem 1: Daniel W. Hart denklem (6-47)

Grafiklerin elde edildiği bölüm Simulink çalışma alanında “SORU 1 b) için dalga şekilleri” isimli alanda bulunmaktadır (*Figür 5*). “Scope” elemanı aracılığıyla elde edilen grafikler *Figür 6’da* bulunmaktadır.



Figür 5: SORU 1 b) için dalga şekilleri

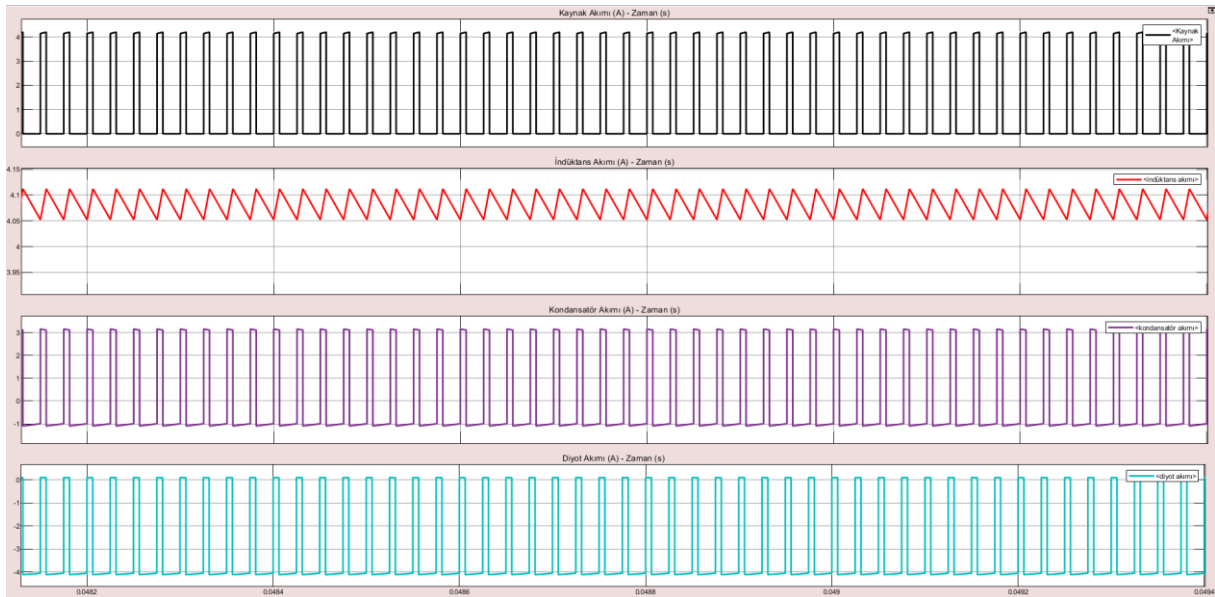


Figür 6: Soru1-b için istenenler

### %25 Çalışma Oranı İçin İstenenler:

Çalışma oranının %25 olabilmesi için “pulse generator” elemanının “Pulse Width (% of period)” parametresi 25 olarak ayarlanmıştır. Çıkış geriliminin hesaplanabilmesi için kitapta verilmiş olan *denklem 1* kullanılmıştır. *Denklem 1*’e göre değerler yerine koyulduğunda -16 volt çıkış gerilimi bulunmuştur.

Grafiklerin elde edildiği bölüm Simulink çalışma alanında “**SORU 1 c) için dalga şekilleri**” isimli alanda bulunmaktadır (Figür 5). “**Scope**” elemanı aracılığıyla elde edilen grafikler Figür 7’de bulunmaktadır.



Figür 7: Soru1-c için istenenler

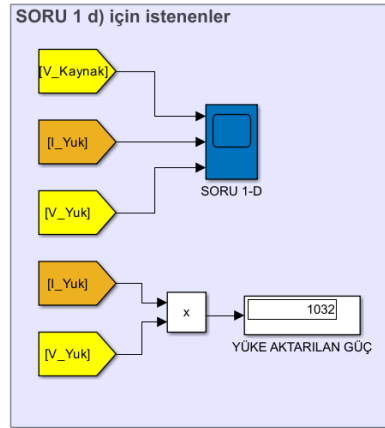
Soru 1-D için istenenler (%60 çalışma oranı)

Simulink çalışma alanında bulunan **“SORU 1 d) için dalga şekilleri”** bölümünde d bölümü için tüm istenenlere cevap verilmiştir. Burada bulunan **“Scope”** aracılığıyla %60 çalışma oranına göre Figür 8 deki çıktı grafikleri elde edilmiştir.



Figür 8: Soru1-d için istenenler (%60 çalışma oranı)

Figür 8 incelendiğinde elde edilen çıkış gerilimi -72'ye yakın olduğu görülmektedir. Bu değer -72 volta tam eşit olması için mosfet değiştirilip verim arttırılabilir. Soruda istenen yüke aktarılan güç ile ilgili hesaplama figür 9 da bulunmaktadır.

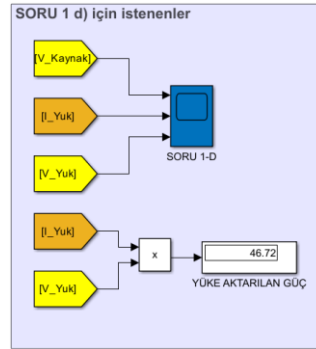


Figür 9: SORU 1 d) için istenenler (%60 çalışma oranı)

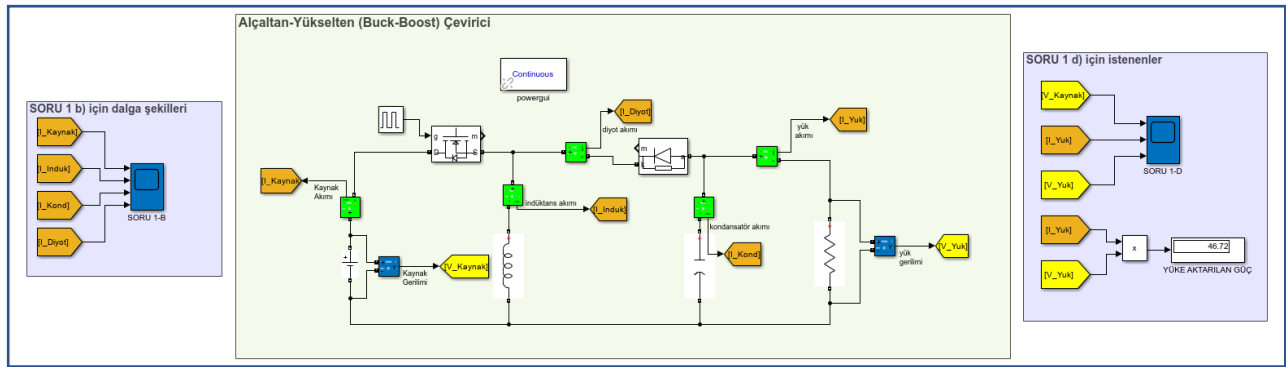
Soru 1-D için istenenler (%25 çalışma oranı)



Figür 10: Soru 1-d için istenenler (%25 çalışma oranı)



Figür 11: Soru 1-d için istenenler (%25 çalışma oranı)

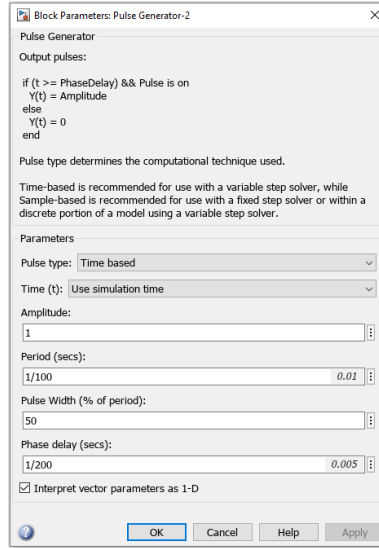


Figür 12: Alçaltan-Yükselten (Buck-Boost) Çevirici

## SORU 2

### Kapı Sinyal Üreteçlerinin Tasarımı:

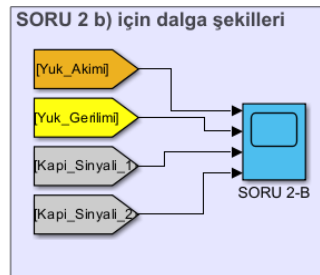
1 Fazlı, Yarım Köprü kare dalga evirici devresinde anahtarlama elemanı olarak mosfet kullanılması tercih edilmiştir. Mosfet kapı tetiklemeleri için “pulse generator” bloğu kullanılmıştır. “Pulse Generator” bloğunun sahip olduğu “Period (secs)” ve “Phase delay (secs)” parametreleri soruda istenen değerlere göre configure edilmiştir. Figür 28’de gösterilmiş olan tüm devre benzetiminde “M2” mosfetine bağlı olan “Pulse Generator-2” bloğuna soruda istenen periyodun yarısı kadar “Phase delay (secs)” eklenmiştir. Bunun sebebi anahtarların sırayla iletimde kalmasını sağlamaktır. Örnek olması açısından “Pulse Generator-2” parametreleri figür 13 te gösterilmiştir. “Pulse Generator-1” bloğunda farklı olarak “Phase delay (secs)” parametresi 0’a eşittir.



Figür 13: Pulse Generator-2, periyot = 1/100

### R Yükünün Beslenmesi Durumu:

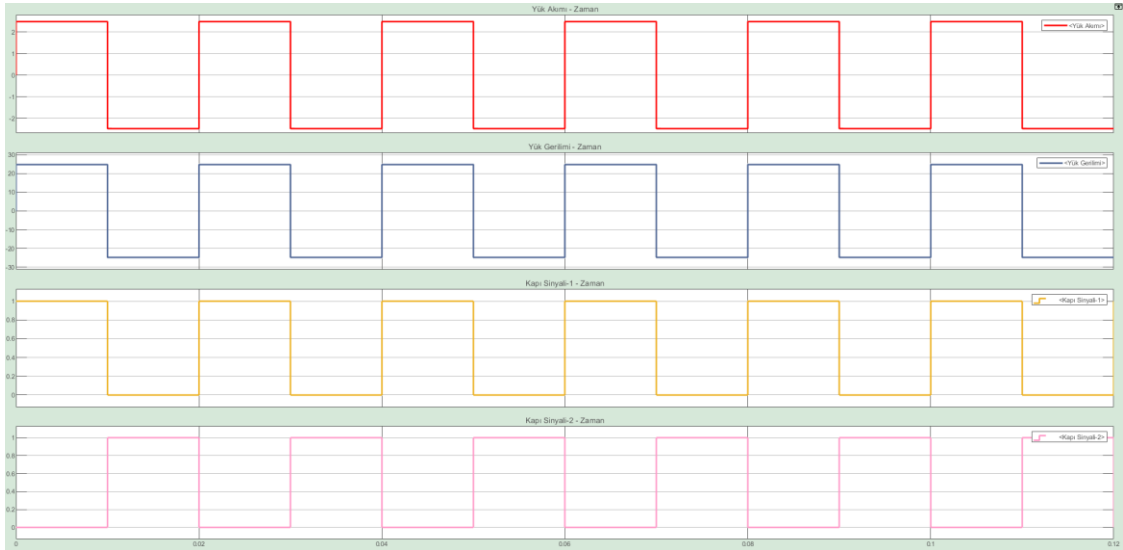
Devre benzetimi yapılırken gerilim kaynağı değeri yarım yarım paylaştırılmıştır. Bunun sebebi orada bulunması gereken kondansatör elemanlarının da aynı görevi yapmasıdır. Sadece R yükü beslenmesi durumunda istenen grafiklerin elde edilmesi Simulink çalışma alanında bulunan **“SORU 2 b) için dalga şekilleri”** kısmında elde edilmektedir. Grafiklerin çizimi, *“Goto”* bloklarıyla alınmış olan değerlerin *“From”* bloklarına iletilmesi sonucu **“Scope”** kullanılarak elde edilmiştir (Figür 14).



Figür 14: SORU 2 b) için dalga şekilleri

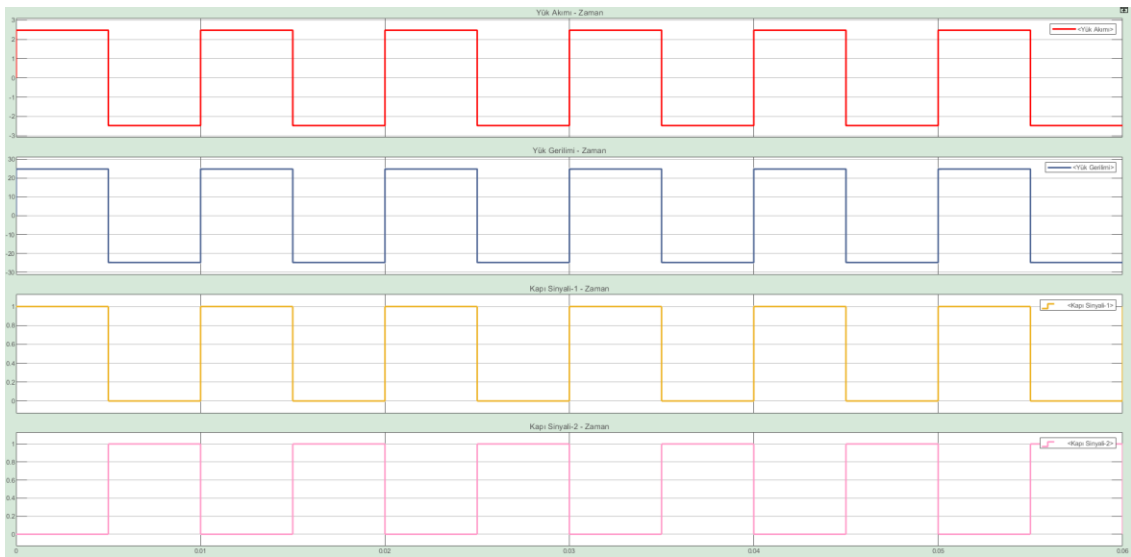
Mosfetler 50 Hz frekansına sahip kapı sinyali ile tetiklendiğinde çıkış geriliminin frekansı 0.02 saniye olması beklenmektedir. Figür 15'te, 50 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici devresinin yük akımı, yük gerilimi ve kapı sinyalleri grafikleri bulunmaktadır.



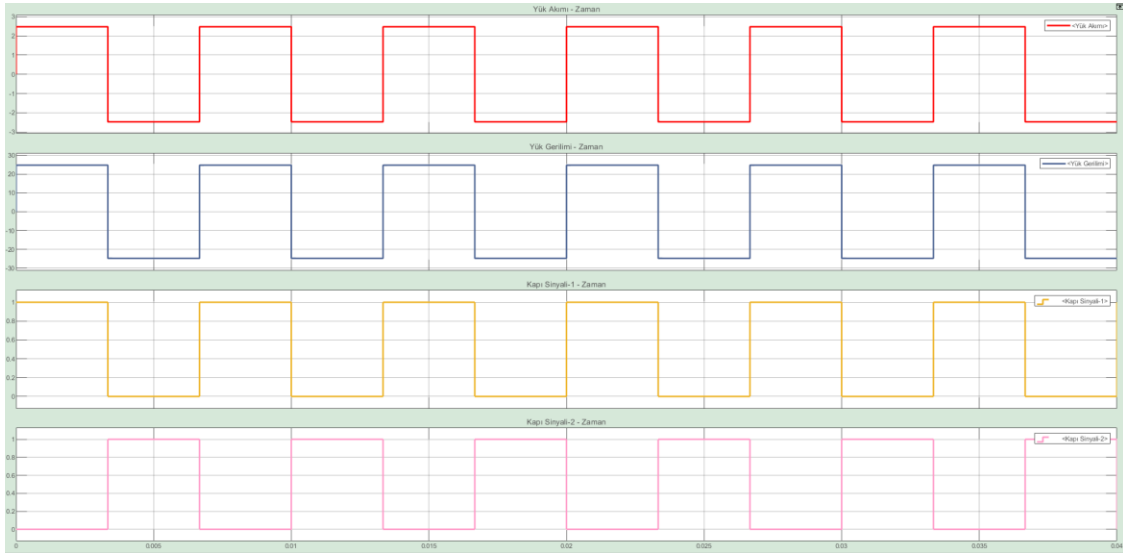


Figür 15: 50 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

Grafik incelendiğinde Figür 28’de bulunan devrede, “kapı sinyali-1” mosfet-1 in kapısını tetiklediğinde devre sadece R direnci olduğundan dolayı ve enerji biriktiren bir eleman olmadığından dolayı kare dalga çıkış akımı elde edilmiştir. Yük gerilimi ise devrede verilen gerilimin yarısı kadardır. Figür 16 da frekans 100 Hz. e çıkarılmıştır. Yani periyot 0.01 saniyeye düşmüştür. Figür 17 de ise frekans 150 Hz. e çıkarılmıştır. Yani periyot 0.00667 saniyeye düşmüştür.



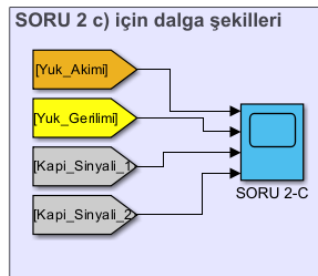
Figür 16: 100 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici



Figür 17: 150 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

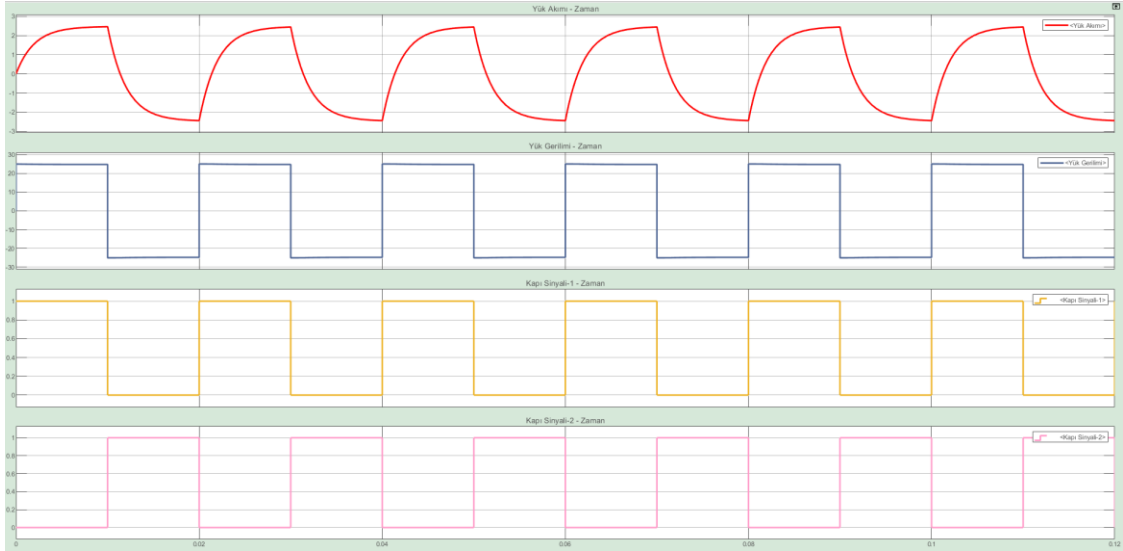
#### RL Yükünün Beslenmesi Durumu:

RL yükü beslenmesi durumunda istenen grafiklerin elde edilmesi Simulink çalışma alanında bulunan “SORU 2 c) için dalga şekilleri” kısmında elde edilmektedir. Grafiklerin çizimi, “Goto” bloklarıyla alınmış olan değerlerin “From” bloklarına iletilmesi sonucu “Scope” kullanılarak elde edilmiştir (Figür 18).



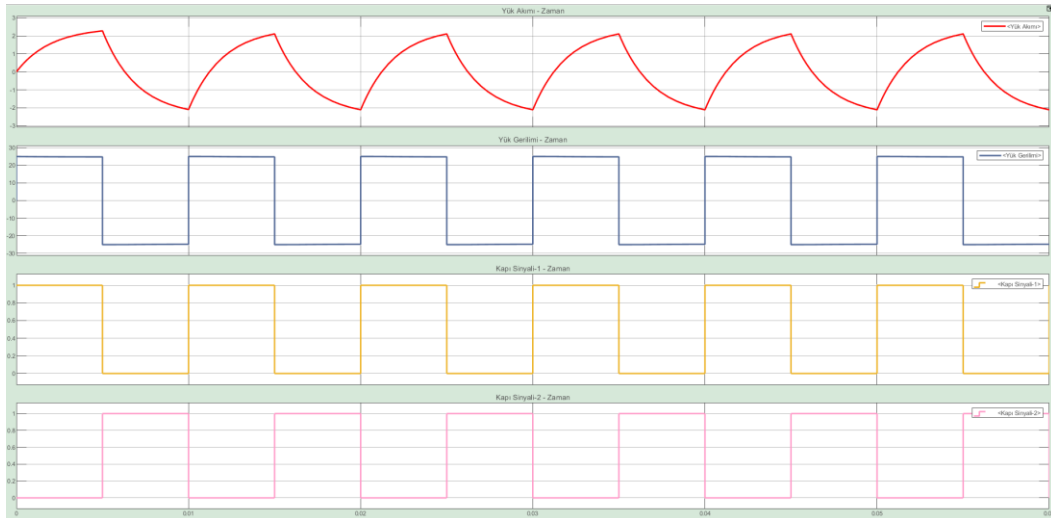
Figür 18: SORU 2 c) için dalga şekilleri

Mosfetler 50 Hz frekansına sahip kapı sinyali ile tetiklendiğinde çıkış geriliminin frekansı 0.02 saniye olması beklenmektedir. Figür 19’da, 50 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici devresinin yük akımı, yük gerilimi ve kapı sinyalleri grafikleri bulunmaktadır.



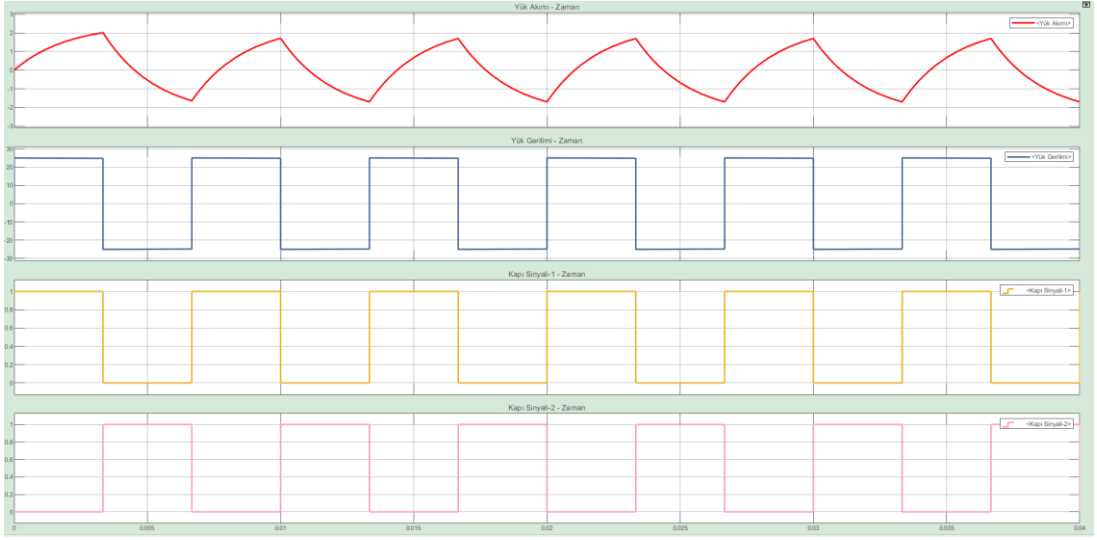
Figür 19: 50 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

Devrede enerji biriktiren eleman olan indüktans bulunmaktadır. Kapı-1 sinyali mosfet-1 elemanını tetiklediğinde devre kendini mosfet üzerinden geçerek tamamlar. Ancak indüktans üzerindeki enerjiyi boşaltması gerekir. Bunun için de “*Diyot-2*” elemanını kullanır. Üzerindeki enerjiyi boşalttıktan sonra artık akım negatife düşmeye hazırdır. Tekrar pozitif olabilmesi için ise indüktans üzerindeki enerjiyi “*Diyot-1*” elemanını kullanarak boşaltır.



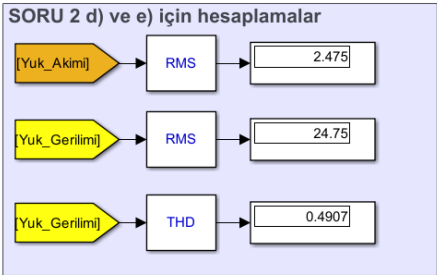
Figür 20: 100 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

Figür 20’de frekans 100 Hz e çıkarılmıştır. Yani periyot 0.01 saniyeye düşmüştür. Figür 21 de ise frekans 150 Hz e çıkarılmıştır. Yani periyot 0.00667 saniyeye düşmüştür.

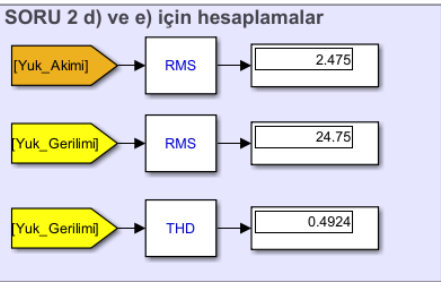


Figür 21: 150 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

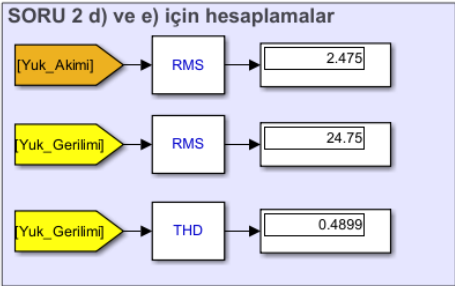
R Yüğü İçin İstenen RMS ve THD değeri:



Figür 22: 50 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici



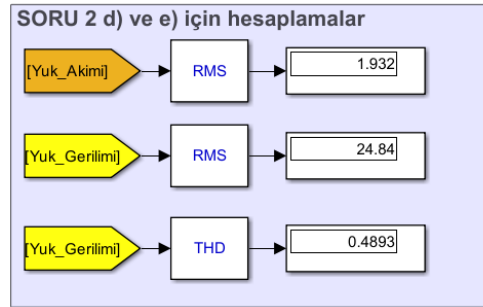
Figür 23: 100 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici



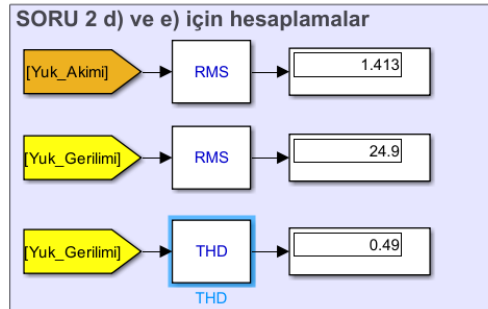
Figür 24: 150 Hz frekanslı, R yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

Frekansın artması yük akımı ve geriliminin RMS değerlerini etkilemez. Çünkü RMS hesaplamaları bir periyoda göre yapılır. Yukarıdaki figürlerde değişken olan sadece frekans olduğundan RMS değerleri sabit kalmıştır.

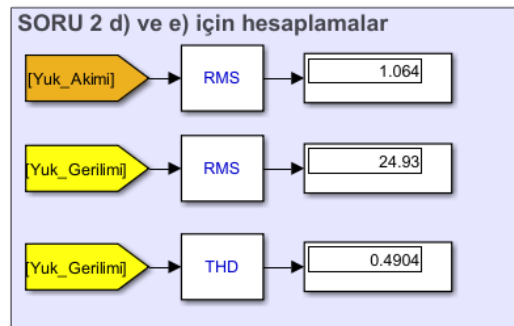
RL Yüğü İçin İstenen RMS ve THD değerleri:



Figür 25: 50 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici



Figür 26: 100 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici



Figür 27: 150 Hz frekanslı, RL yükü Yarım Köprü kare dalga evirici

Tetikleme frekansı arttıkça yük üzerinde harcanan güç azalır. Bunun sebebi frekansın artmasıyla akımın maksimuma ulaştığı değerin azalmasıdır. Akımın ulaştığı maksimum değer azaldığından yük akımı RMS değeri de frekans arttıkça azalmaktadır. Toplam harmonik distorsiyon ise frekans arttıkça artmaktadır. Yani dalga formunun sinüzoidal formdan sapma oranı artmaktadır.

