

Simulering och analys av prestanda av AC till DC-spänningssomvandlare



**Jensedducation
Gymnasiearbete TE**

**Författare: Yasir Jabbar
Handledare: Dr. Anders Silfvergrip
Läsåret 2020**

Sammanfattning

De flesta elektroniska enheter kräver en likströmsadapter för att fungera sina elektroniska komponenter eller för att ladda sina batterier. Konverteringen av AC-signalen till DC-signalen görs med en likriktare som innehåller en eller flera dioder och filter. Det kan vara en halvvågslikriktare som bara korrigeras halva AC-signalen eller en fullvågslikriktare som korrigeras båda cyklerna för AC-signalen. Fullvågslikriktaren kan vara mittuttag likriktare som består av två dioder eller en brygglikriktare som består av 4 dioder. Arbetet kommer att utföras med en simuleringsapplikation för jämförelse och analys av utgångsspänningen. Baserat på de erhållna resultaten visade det sig att den fullvågslikriktarkretsen (diodbrygga) är bättre än andra modeller i termer av låg komplexitet, lite krusningsfaktorn, hög verkningsgraden och hög genomsnittlig DC-utgång i lasten.

Abstract

Most electronic devices require a DC adapter to operate their electronic components or to charge their batteries. The conversion of the AC signal to the DC signal is done with a rectifier that contains one or more diodes and filter. It can be a half-wave rectifier that only rectifies half the AC signal or a full-wave rectifier that rectifies both cycles of the AC signal. The full-wave rectifier can be a center-tapped rectifier consisting of two diodes or can be a bridge rectifier consisting of 4 diodes. The work will be carried out with a simulation application for comparison and analysis of the output voltage. Based on the results obtained, it is found that the full-wave rectifier circuit (diode bridge) is better than other models in terms of low complexity, low ripple factor, high efficiency and high average DC output in the load.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	3
1 Inledning	7
1.1 Teoretisk bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Frågeställning	8
1.4 Sociala förmåner och etik	8
2 Material och Metoder	9
2.1 Simuleringsramar	9
2.2 Inställning av Komponenter	10
2.3 Drift av Simuleringsmodell	12
2.4 Beräkning av Krusningsfaktorn och Verkningsgraden	13
3 Resultat	15
3.1 Halvvågslikriktare	15
3.2 Fullvågslikriktare (mittuttag transformator)	16
3.3 Fullvågslikriktare (diodbrygga)	18
3.4 Spänningar Mätning	19
4 Diskussion	21
4.1 Prestanda för Likriktarkrets	21
4.2 Krusningsfaktorn och Verkningsgraden	22
4.3 Effekt av Kondensatorvärde	23
4.4 Slutsats	24
5 Källor	25
Bilaga A: Simulink Modeller	27
Bilaga B: Vetenskapliga Termer	29

1. Inledning

I den här sektionen presenteras ämne och relevans. Det introducerar en teoretisk bakgrund om arbetet, syfte, frågeställning, och slutligen sociala förmåner och etik.

1.1 Teoretisk Bakgrund

En av de vanligaste användningarna för likriktningsdioder inom elektronik är att konvertera hushållens växelström till likström som kan användas som ett alternativ till batterier. Likriktarkretsen är vanligtvis tillverkad av en uppsättning dioder och kombinerad med ett filter för att glätta utspänningen, Albert (2016). En av dessa likriktartyper är halvvågskretsen, som passerar den positiva halvan av växelströmmen, medan den andra negativa halvan blockeras. Här är genomsnittsnivån för den likriktade spänningen bara hälften av ingångsspänningen. En bättre typ av likriktarkrets använder fyra likriktningsdioder, det vill säga en likriktare med full våg. I denna förbättrade typ får båda halvorna av växelströmmen passera, men den negativa halvan är inverterad så att den blir positiv, Mehta (2008), Jimmie (2002), Theraja (2005). För att utvärdera likriktarkretsens prestanda finns det många parametrar som används för detta ändamål. Krusningsfaktorn är en viktig parameter som används för att beskriva kvaliteten på Likriktandet. Det representerar glättning i spänningssvägen vid likriktarens utgång. En annan viktig faktor är likriktarens verkningsgrad. Det definieras som förhållandet mellan DC och AC effekten av lasten. Verkningsgraden kan förbättras med användning av filter (till exempel kondensator) som reducerar krusningen och därmed minskar utgångens AC-innehåll, Mehta (2008).

1.2 Syfte

Att undersöka de elektroniska kretsarna som omvandlar växelströmmen (AC) till likström (DC) och att simulera dessa kretsar. Arbetet kommer att genomföras med hjälp av en simulering applikation för jämförelse och analys av prestanda av utspänning.

1.3 Frågeställning

Arbetet syftar till att besvara följande rapportfrågor:

- 1) Vilka typer av likriktare kretsar som används för att omvandla växelströmmen till likström?
- 2) Vad är en form av utspänning vågform för likriktar kretsar med hjälp av programmet simulering?
- 3) Vilken krets är bättre när det gäller prestanda, verkningsgraden, och minsta krusningsfaktorn?

1.4 Sociala Förmåner och Etik

Denna rapport kan vara till hjälp för andra att implementera och simulera likriktarkretsar. Dessa kretsar är huvuddelen i byggnadsspänningssadaptrar som används ofta i elektroniska apparater som behöver likspänning för att driva eller ladda batterier som mobiltelefoner, bärbara datorer osv.

Ur etisk synvinkel observerades inga negativa effekter på mänskligt liv och samhälle till följd av användning eller hantering av de befintliga simulerade modellerna i denna rapport.

2. Material och Metoder

Metoderna som kommer att användas för att slutföra arbetet kommer att vara både praktiska (simulering) och teoretiska metoder för att bevisa begreppen. Den praktiska metoden kommer att bestå av en mjukvaruimplementering av likriktarkretsar med hjälp av ett ramverk som är Simulink Matlab applikation. Det kommer att utformas tre modeller som representerar halvvågslikriktare och fullvågslikriktare. Ingångs- och utgångsspänningarna registreras för att analysera likriktarens funktion. Krusningsfaktorn som visas på utspänningen kommer också att utvärderas för att användas senare för effektivitetsjämförelse. Den teoretiska metoden som kommer att användas är informationen från textböcker och föreläsningar som handlar om likriktarkretsar. Syftet med att studera relaterade textböcker och föreläsningar är att få en förståelse för det befintliga arbetet och att presentera den kunskapen i form av en skriftlig rapport.

2.1 Simuleringsramar

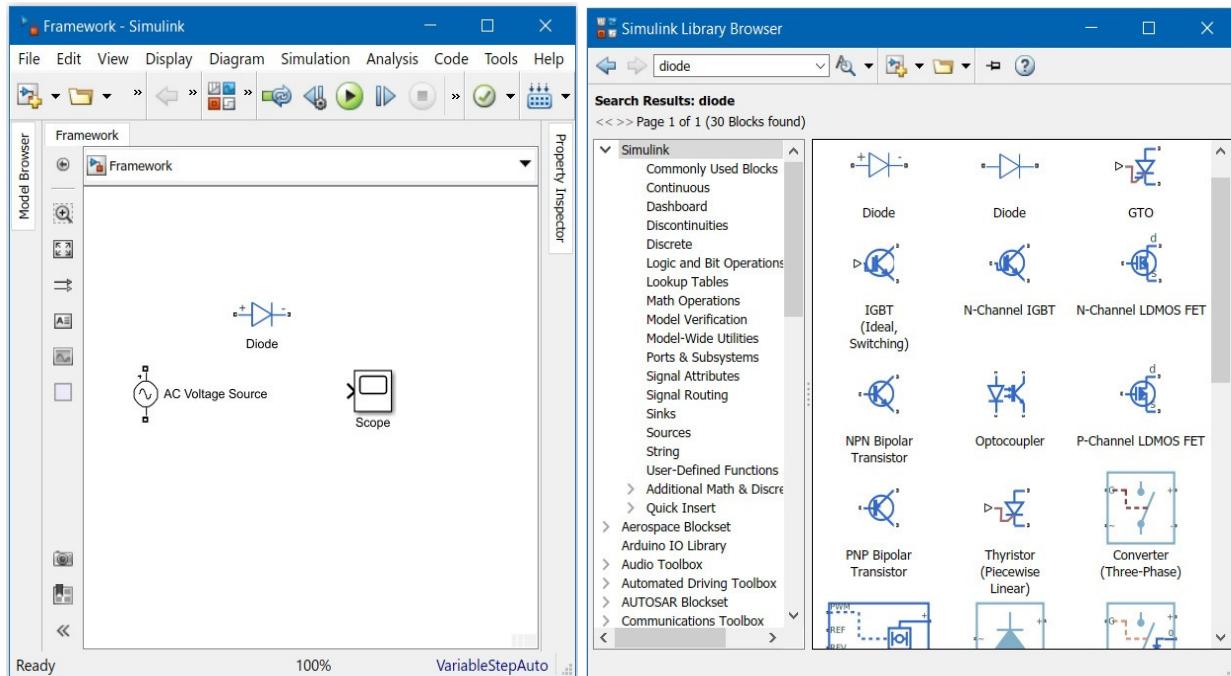
Likriktarkretsar kommer att köras med Simulink-applikationen i Matlab programmet (version 2019a). Det är möjligt att använda andra simulatorapplikationer, men Matlab programmet kännetecknas av resursernas kapacitet, enorma komponentbibliotek och användarvänlighet. Mathworks (2020a), Simulink är en MATLAB-baserad grafisk programmeringsmiljö för modellering, simulering och analys av system. I allmänhet:

- Simulink liknar implementering av hårdvara.
- Simulink är mycket lätt att läsa eftersom det är som ett blockschema som också fungerar.
- Simulering sker över tiden så att hela systemet i varje tidslucka är tillgängligt.

Alexandru et al. (2015), Simulink används ofta inom automatisk styrning och digital signalbehandling för multidomän simulering och modellbaserad design. Det primära gränssnittet är ett grafiskt blockschemaverktyg och en anpassningsbar uppsättning blockbibliotek.

Mathworks (2020b), i Simulink ritas system på skärmen som blockdiagram. Många element i blockdiagram finns tillgängliga, såsom dioder, resistor etc., såväl som

virtuella ingångs- och utgångsenheter som spänningsskällor och oscilloskop. Ramverk för Simulink och biblioteket med komponenter kan visas i figur 1.



Figur 1 Simulink ramverk och bibliotek komponenter

2.2 Inställning av Komponenter

Varje krets simuleras i två faser. Den första prototypen är utan filter, och den andra prototypen använder en glättningskondensator som filter.

Albert (2016), resistorn ska vara tillräckligt högt för att kondensatorns urladdning ska sakta. Det bör också begränsa strömmen genom dioderna. För två dioder, förutsatt att en ström på 5 mA flyter genom dioden och spänningsfallet över de två dioderna tillsammans är 1,6V, kan resistorn beräknas som:

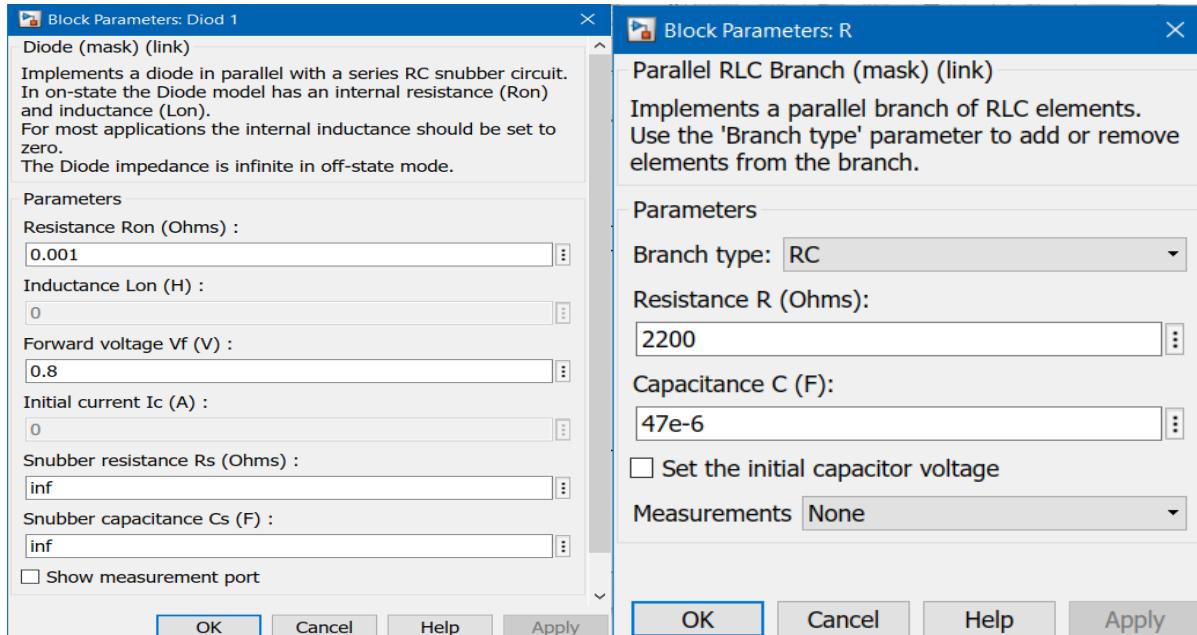
$$R_L = \frac{12 - 1.6}{0.005} = 2080 \approx 2.2k \Omega \dots (1)$$

Att ändra värdet på kondensatorn varje gång kommer att leda till att ändra krusningsfaktorn som sker i utspänningen. Tabell 1 visar huvudkomponenter och blockparametrar som kommer att användas i likriktarmodellerna i simuleringsramen.

Tabell 1 Huvudkomponenter och blockparametrar

Komponent	Simulink symbol	Inställning av blockparametrar
Diod		Framspänning = 0.8 V (standardvärde)
Resistor och Kondensator		Resistor = 2.2k Ω Kondensator: beror på den erforderliga krusningsfaktorn
AC-Spänningsskälla		V_{in} = 230 V (rms) Frekvens = 50 Hz
Transformator		Primärspänning = 230 V (rms) Sekundärspänning = +12V och -12V (rms)
Spänningsmätning enhet		Utgångssignal: komplex
Strömmätning enhet		Utgångssignal: komplex
Oscilloskop		Ingen inställning krävs

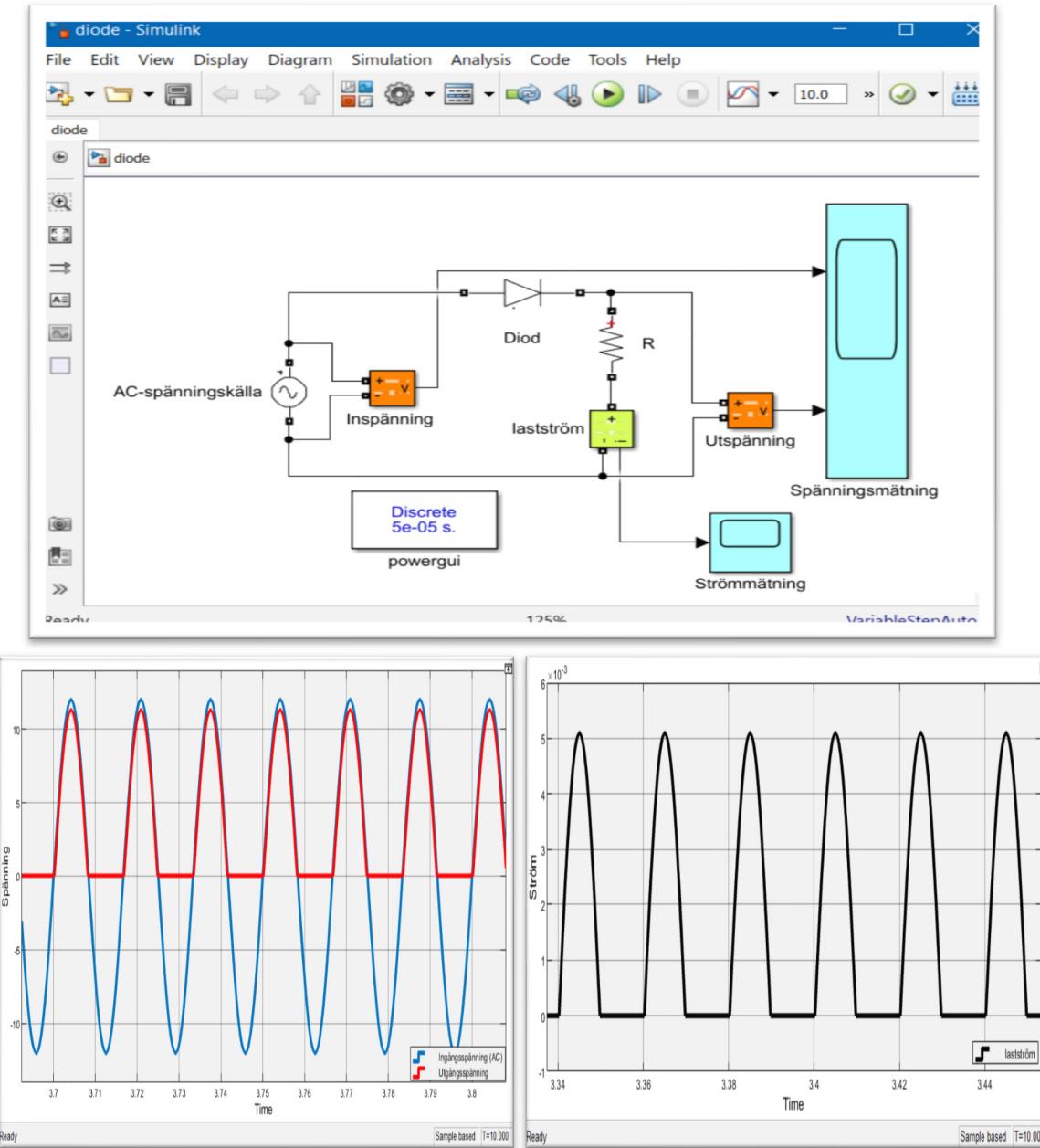
Parametrarna för diod och inställning av resistor / kondensator värden som används i alla kretsar kan ändras med hjälp av blockparametrar i Simulink modellen som visas i figur 2.



Figur 2 Blockparametrar för diod, resistor och kondensator

2.3 Drift av Simuleringsmodell

För varje modell måste simuleringstiden ställas in först. När Simulink-modellen körs drar simuleringsprocessen vågformerna i omfattning fönster. När simuleringstiden är avslutad slutar applikationen att köra och omfattning fönster slutar rita ut vågformerna. Figur 3 visar hur man implementerar en enkel krets för att simulera driften av dioden under 10 sekunders tidsperiod. Oscilloskopet visar formen på ingång och utgång vågformen.



Figur 3 Simulink modell för dioddrift

2.4 Beräkning av Krusningsfaktorn och Verkningsgraden

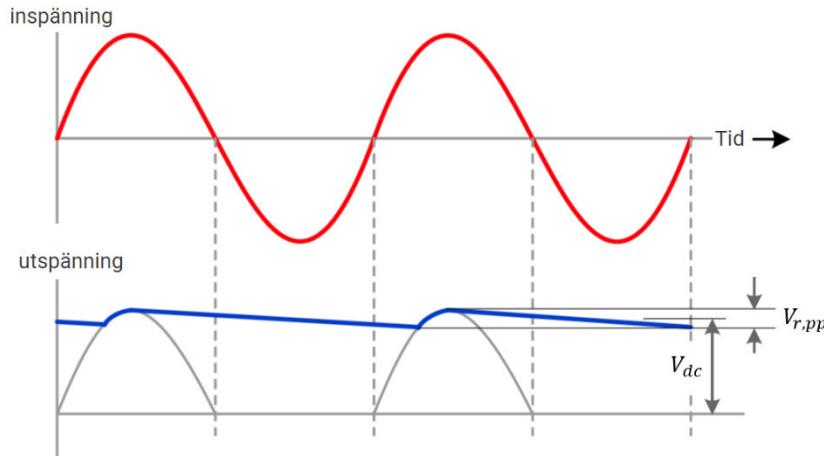
Krusningsfaktor (r_p) är ett mått på effektiviteten hos en likriktarkrets. Det definieras som förhållandet mellan effektivvärdet (rms) för den filtrerade utspänningen vågform $V_{r,rms}$ till medelvärde av vågform (DC-komponenten) V_{dc} , Albert (2016), V.K. Mehta (2008).

$$r_p = \frac{V_{r,rms}}{V_{dc}} \dots (2)$$

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_{r,pp}}{2} \dots (3)$$

$$V_{r,rms} = \frac{V_{r,pp}}{2\sqrt{3}} \dots (4)$$

Var V_m är toppvärdet för utspänning vågformen, och $V_{r,pp}$ är topp- till toppvärdet för krusningsspänningen som visas i figuren 4.



Figur 4 Den filtrerade inspänning av likriktare kretsen

För halvvågslikriktare med filter, det teoretiska värdet på krusningsfaktorn är:

$$r_p = \frac{1}{2\sqrt{3}fR_L C} \dots (5)$$

Där f är frekvensen av ingångsspänningen. Och för fullvågslikriktare med filter:

$$r_p = \frac{1}{4\sqrt{3}fR_L C} \dots (6)$$

Kondensatorn som används i alla kretsar är den som ger en 3% krusningsfaktor i fullvågslikriktare kretsen med använder ekvation (6). Frekvensen är 50Hz och $R_L = 2.2k \Omega$.

$$C = \frac{1}{4\sqrt{3}fR_Lr_p} = \frac{1}{4\sqrt{3}(50)(2200)(0.03)} \approx 47 \mu\text{F} \dots (7)$$

För halvvågslikriktare och för samma värde på kondensatorn är den teoretiska krusningsfaktorn 5.59% med ekvation (5).

Jimmie (2002), Theraja (2005), verkningsgraden av likriktare (η) definieras som förhållandet mellan DC effekten (medelvärde) och AC effekten (effektivt värde).

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{AC}} = \frac{V_{dc}^2 / R_L}{V_{rms}^2 / R_L} = \left(\frac{V_{dc}}{V_{rms}} \right)^2 \dots (8)$$

Den teoretiska verkningsgraden för halvvågslikriktare (utan filter) är:

$$\eta = \left(\frac{V_{dc}}{V_{rms}} \right)^2 = \left(\frac{V_m/\pi}{V_{m/2}} \right)^2 = \frac{4}{\pi^2} = 40.52 \% \dots (9)$$

Medan den teoretiska verkningsgraden för fullvågslikriktare (utan filter) är:

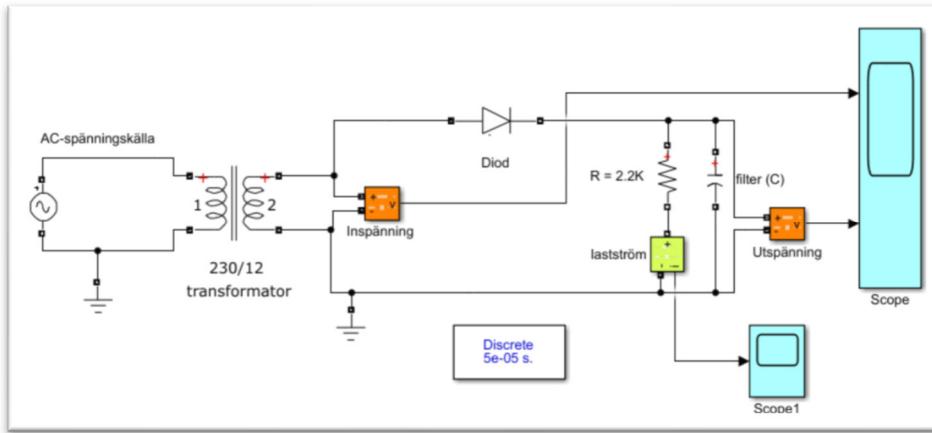
$$\eta = \left(\frac{V_{dc}}{V_{rms}} \right)^2 = \left(\frac{2V_m/\pi}{V_m/\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{8}{\pi^2} = 81.06 \% \dots (10)$$

3. Resultat

I detta kapitel presenteras simuleringsresultaten för de tre typerna av likriktarkretsar där varje krets simuleras i två faser. Den första prototypen är utan filter, och den andra prototypen använder en kondensator som filter.

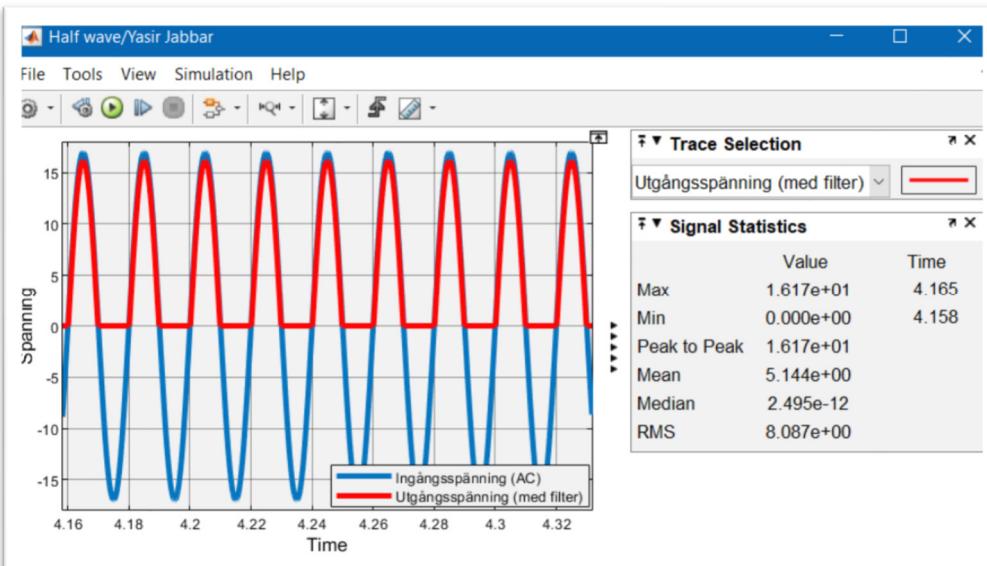
3.1 Halvvågslikriktare

Simuleringen av halvvågslikriktaren med Simulink Matlab visas i figur 5.



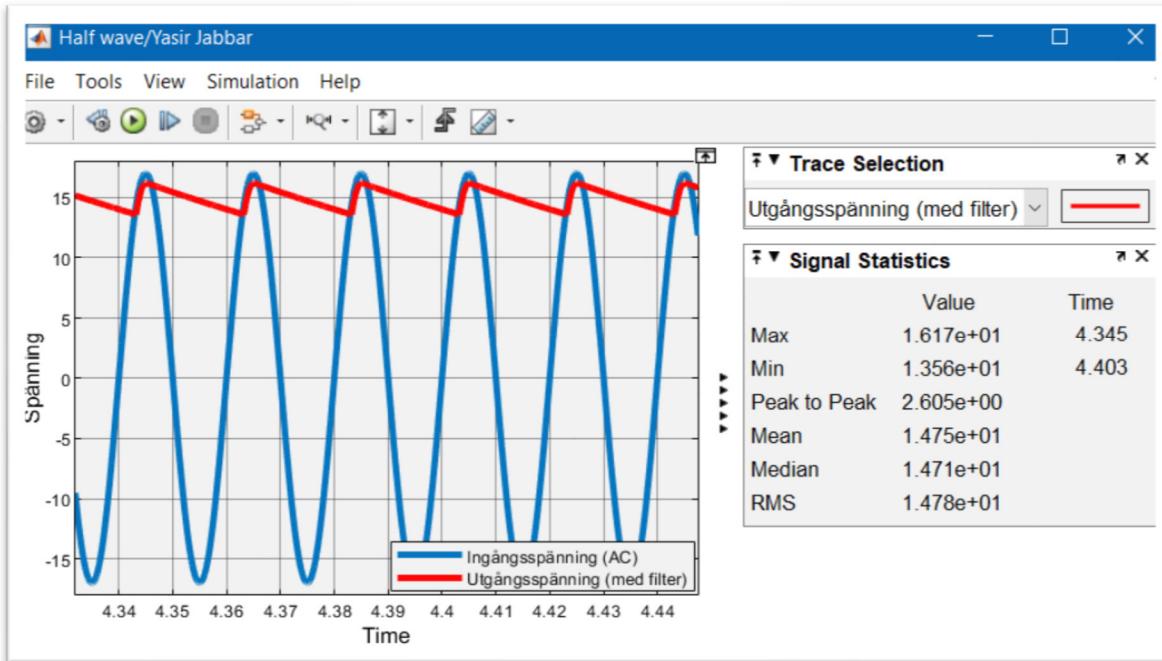
Figur 5 Simulink modell för halvvågslikriktare

När modellen körs för simuleringstid 10 sekunder visas ingångs- och utgångsspannningarna som visas i figur 6 där det endast finns resistorn (utan filter). Det verkar tydligt att utspänningen bara är den positiva delen av sinusvågen (Här tappar vågformen energi på grund av den negativa delen av vågen).



Figur 6 Ingångs- och utgångs spänning av halvvågslikriktare (utan filter)

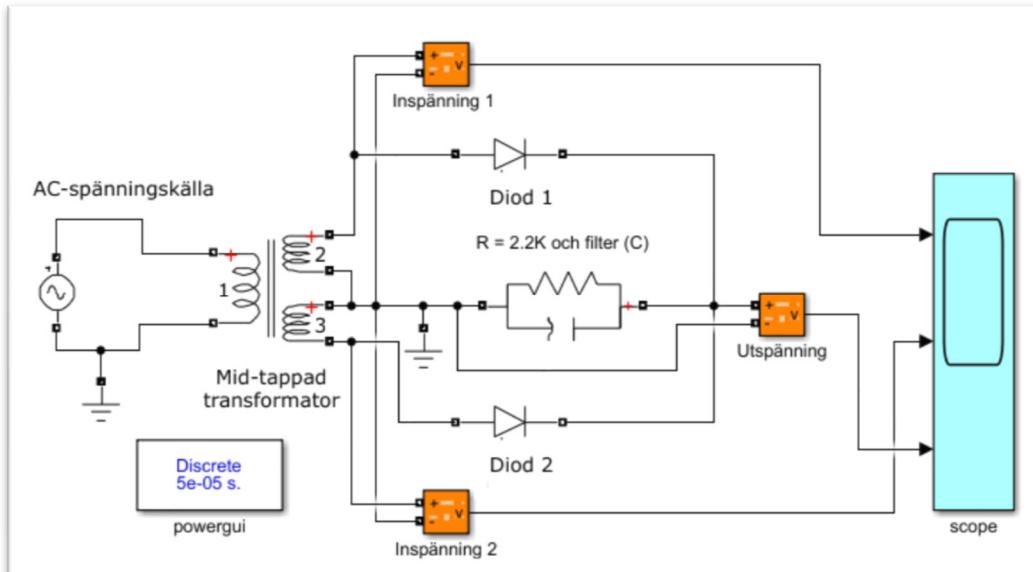
när vi sätter en kondensator parallellt med resistorn kommer filtreringsprocessen att börja och krusningsfaktorn (röd linje) minskar. Figurer 7 visar utgångsspänningen för $C = 47 \mu\text{F}$.



Figur 7 Ingångs- och utgångs spänning av halvvågslikriktare ($c = 47 \mu\text{F}$)

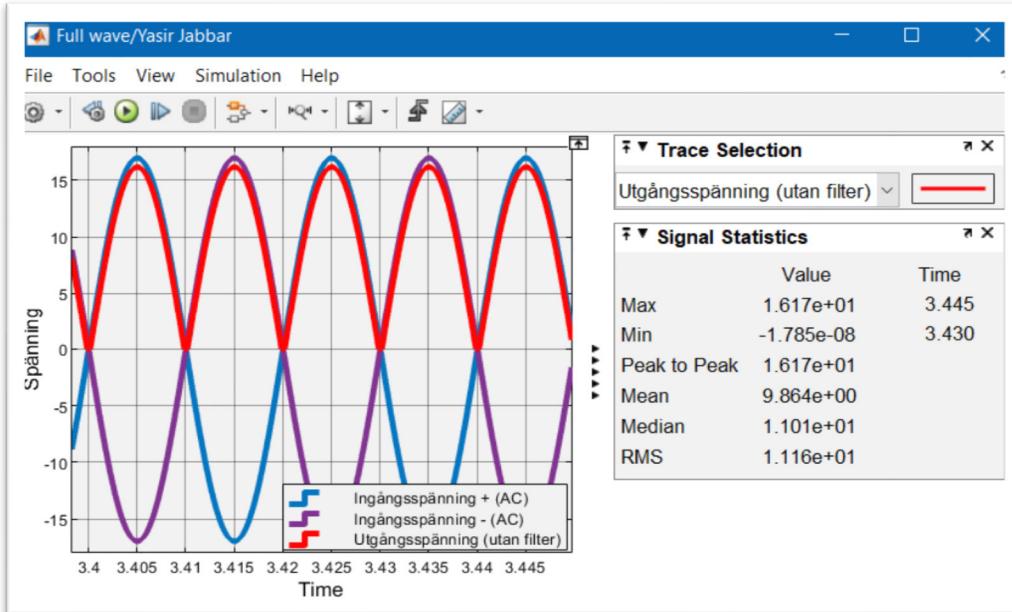
3.2 Fullvågslikriktare (mittuttag transformator)

Simuleringen av fullvågslikriktaren (mittuttag transformator) med Simulink Matlab visas i figur 8.



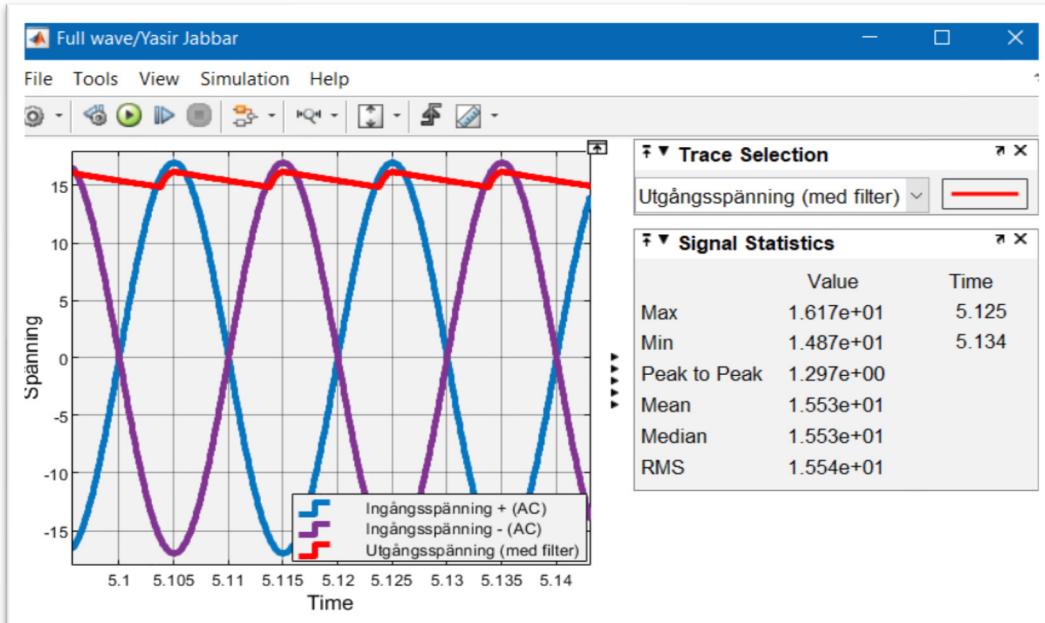
Figur 8 Simulink modell för fullvågslikriktare (mittuttag transformator)

När modellen körs för 10 sekunder visas ingångs- och utgångsspänningarna som visas i figur 9 där det endast finns resistorn (utan filter). Det verkar tydligt att utspänningen nu är både de positiva och negativa delarna av sinusvågen (här kommer vågformen inte att förlora energin från negativ del).



Figur 9 Ingångs- och utgångs spänning av fullvågslikriktare (utan filter)

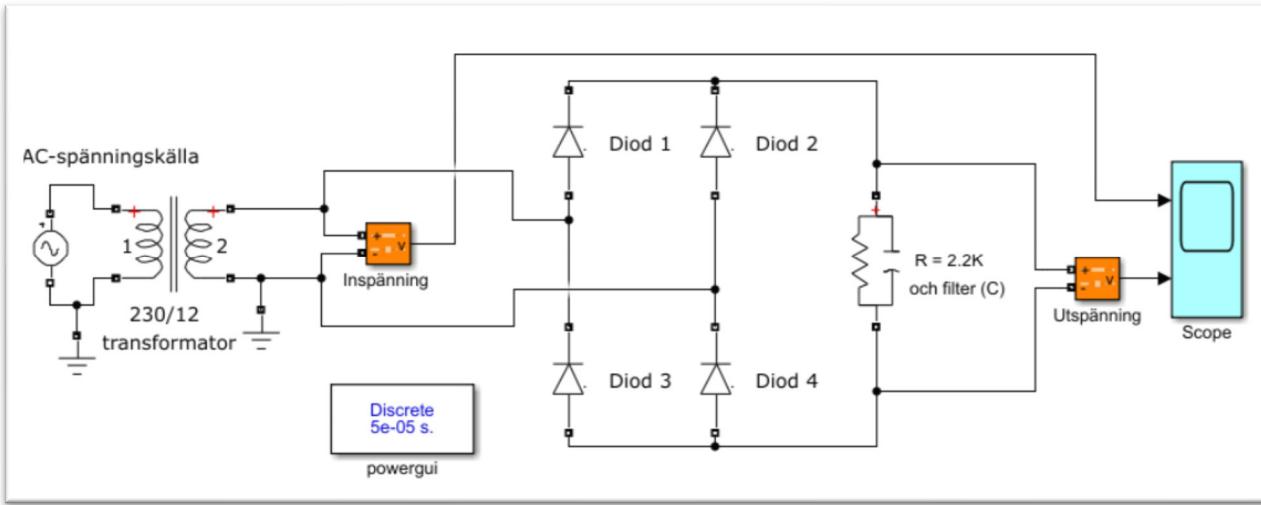
när vi sätter en kondensator parallellt med resistorn kommer filtreringsprocessen att börja och krusningsfaktorn (röd linje) minskar. Figurer 10 visar utgångsspänningen för $C = 47 \mu F$.



Figur 10 Ingångs- och utgångs spänning av fullvågslikriktare ($c = 47 \mu F$)

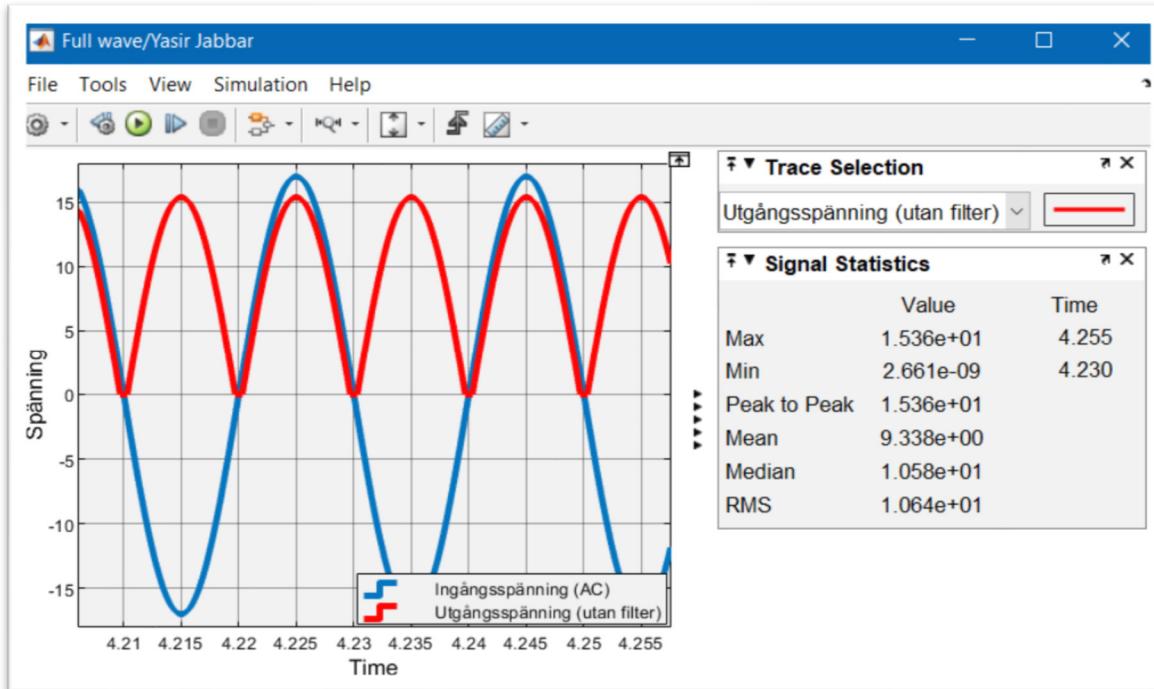
3.3 Fullvågslikriktare (diodbrygga)

Simuleringen av fullvågslikriktaren (diodbrygga) med Simulink Matlab visas i figur 11.



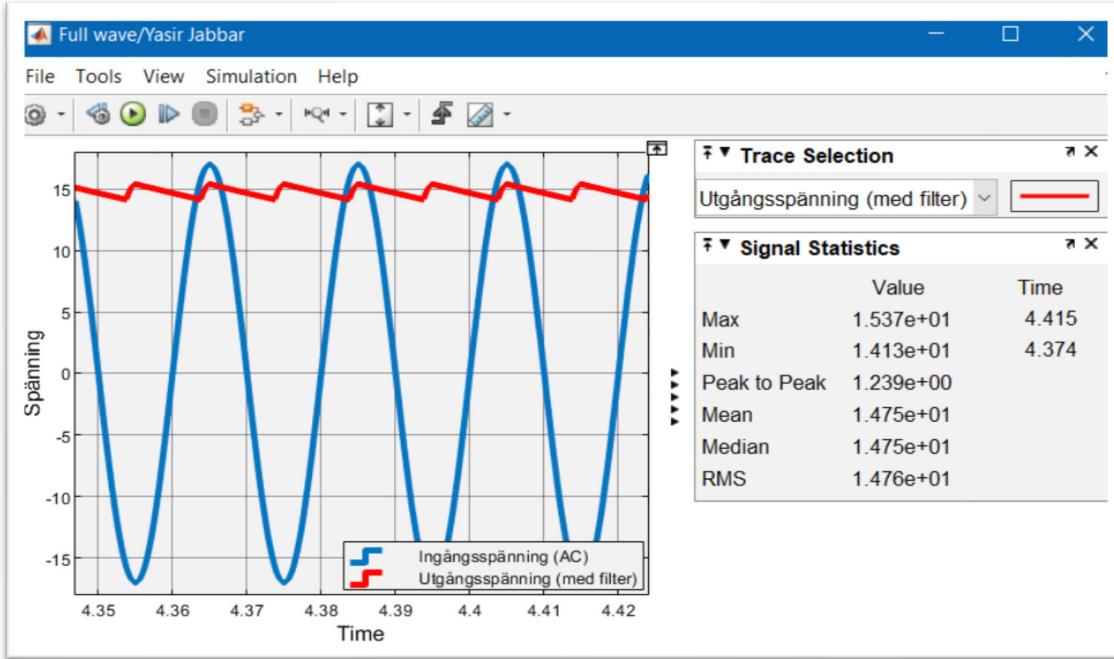
Figur 11 Simulink modell för fullvågslikriktare (diodbrygga)

När modellen körs under en simuleringstid på 10 sekunder visas ingångs- och utgångsspannningarna som visas i figur 12 där det endast finns resistorn (utan filter). Det verkar tydligt att utgångsspanningen är både de positiva och negativa delarna av sinusvågen men utan att använda två ingångsspanningar från transformatorn som i tidigare fall.



Figur 12 Ingångs- och utgångs spänning av fullvågslikriktare-brygga (utan filter)

när vi sätter en kondensator parallellt med resistorn kommer filtreringsprocessen att börja och krusningsfaktorn (röd linje) minskar. Figurer 13 visar utgångsspänningen för $C=47 \mu F$.



Figur 13 Ingångs- och utgångs spänning av fullvågslikriktare-brygga ($c = 47 \mu F$)

3.4 Spänningar Mätning

Tabell 2 visar värdena på erforderliga variabler som kommer att användas för att beräkna den simuleras krusningsfaktorn för alla likriktarkretsar (dessas värden extraherades från tidigare figurer).

Tabell 2 Beräkning av krusningsfaktorn (med filter)

Variabler	Halvvågslikriktare [Figur 7]	Fullvågslikriktare (mittuttag) [Figur 10]	Fullvågslikriktare (diodbrygga) [Figur 13]
V_m	16.17 v	16.17 v	15.37 v
$V_{r,pp}$	2.60 v	1.29 v	1.24 v
$V_{dc} (= V_m - \frac{V_{r,pp}}{2})$	14.87 v	15.52 v	14.75 v
$V_{r,rms} (= \frac{V_{r,pp}}{2\sqrt{3}})$	0.75 v	0.37 v	0.35 v
Simuleras $r_p (= \frac{V_{r,rms}}{V_{dc}})$	5.04 %	2.39 %	2.37 %
Teoretisk r_p	5.59 %	3 %	3 %

Tabell 3 visar värdena på erforderliga variabler som kommer att användas för att beräkna den simuleras verkningsgraden för alla kretsar (dessa värden extraherades från tidigare figurer). Verkningsgraden beräknas för två fall, utan och med filter.

Tabell 3 Beräkning av verkningsgraden

Typ av likriktare	Utan Filter			Med Filter		
	Medelspänning (V_{dc})	Effektiv spänning (V_{rms})	Verkningsgraden $\eta = \left(\frac{V_{dc}}{V_{rms}}\right)^2$	Medelspänning (V_{dc})	Effektiv spänning (V_{rms})	Verkningsgraden $\eta = \left(\frac{V_{dc}}{V_{rms}}\right)^2$
Halvvåg	5.14 v	8.08 v	40.46 %	14.75 v	14.78 v	99.59 %
Fullvåg (mittuttag)	9.86 v	11.16 v	88.35 %	15.53 v	15.54 v	99.87 %
Fullvåg (diadbrygga)	9.34 v	10.64 v	87.78 %	14.75 v	14.76 v	99.86 %

4. Diskussion

I det här avsnittet diskuteras simuleringsresultat för att jämföra de tre likriktarkretsarna när det gäller krusningsfaktorn och verkningsgraden samt genomföra en utvärderingsprocess för utförandet av var och en av dem.

4.1 Prestanda för likriktarkrets

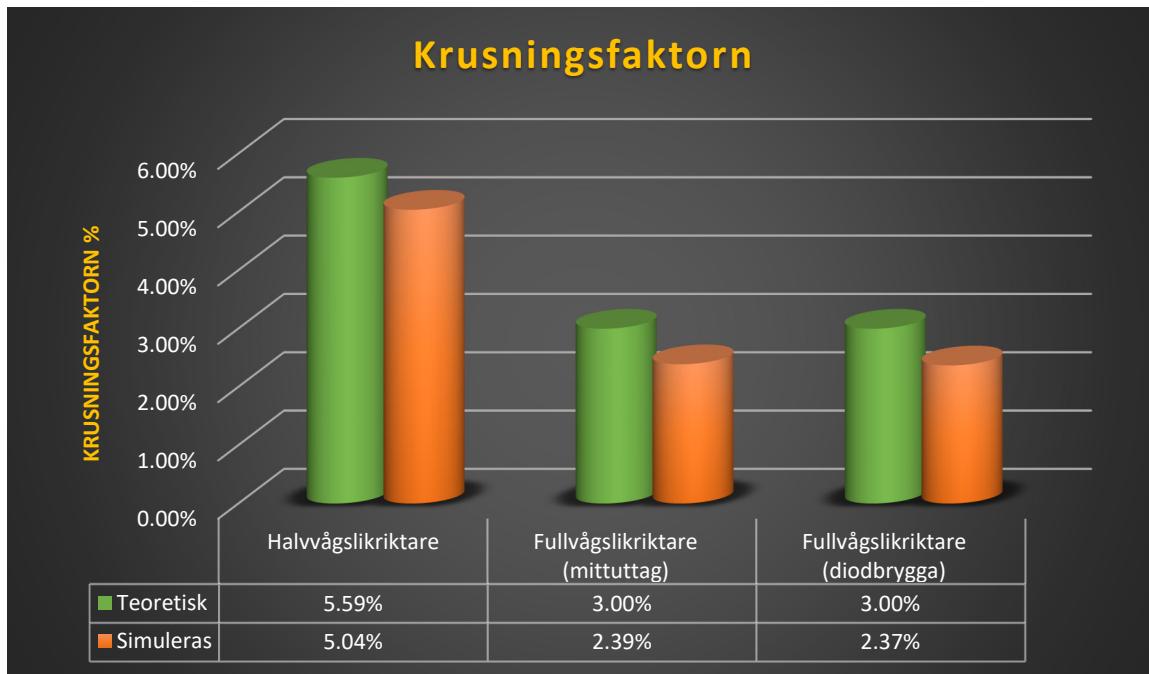
Likriktaren omvandlar växelpänning till pulserande likström, som jämnas ut genom att ansluta en parallell kondensator till resistorn. Halvvågskretsen är den enklaste likriktaren som använder en enda diod. Dioden är förspänd framåt under varje positiv halv cykel och orsakar ström i kretsen. Utgångsspänningen är pulserande DC som har en betydande växelströmskomponent och likströmskomponent. Den här typen av spänning är inte lämplig som en likströmsförsörjning eftersom den har hög krusningsfaktor. Ett enkelt sätt att göra utspänningen slätare är att ansluta en kondensator (filter) över lasten.

Theraja (2005), för att kunna använda båda halvorna av AC vågformen kan man använda två dioder och en mittuttag transformator. Likriktandet sker under hela spänningsperioden. Detta är en fullvågslikriktare. Fullvågslikriktaren har några grundläggande fördelar jämfört med motsvarande halvvågslikriktare. Den genomsnittliga utgångsspänning (DC) är högre än för halvvågen, och utgången från fullvågskretsen har mycket mindre krusningsfaktorn än halvvågskretsen. Den huvudsakliga nackdelen med denna typ av fullvågslikriktare krets är att en större transformator för ett givet effektuttag krävs med två separata men identiska sekundära lindningar vilket gör denna typ av fullvågslikriktare (mittuttag) krets kostsam jämfört med ekvivalenta bryggtyp.

Diodbrygga är den bästa typen av likriktare. Till bekostnad av ytterligare två dioder erhålls flera fördelar. Det här är en likriktare med full våg, men jämfört med mittuttag typen använder den en enklare transformator, med en enda sekundär och inga ytterligare kranar. Likriktandet sker genom ledning av fyra dioder. Två dioder leder under spänningens positiva halvvåg. Medan andra två dioder leder under den negativa halvan. Kruisningsfaktorn i likriktare kretsar bestäms inte bara av kondensatorns värde utan också av frekvensen och resistor.

4.2 Krusningsfaktorn och Verkningsgraden

Krusningsfaktorn är en viktig parameter som används för att beskriva kvaliteten på Likriktandet. Det representerar glättning i spänningssvågen vid likriktarens utgång. Beroende på resultaten i en tabell 2, figur 14 visar en jämförelse av tre typer av kretsar i termer av värdet på krusningsfaktorn när kretsar arbetar med filter.

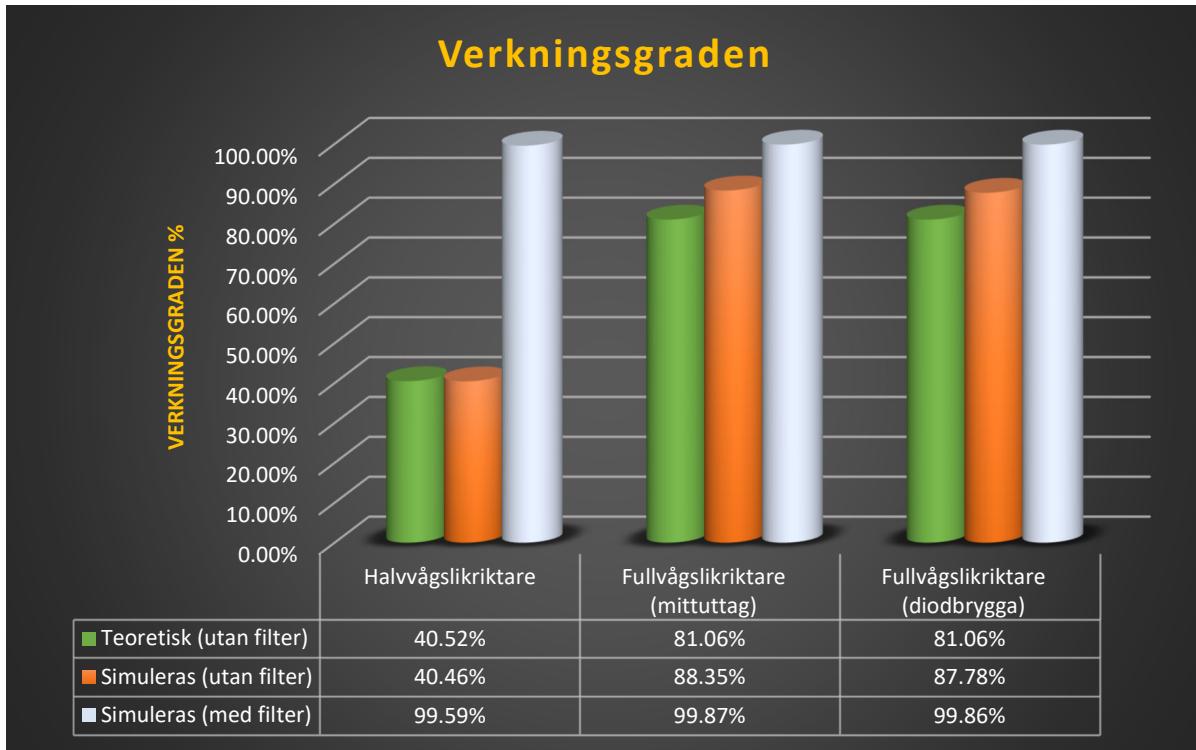


Figur 14 Krusningsfaktorn för tre typer av likriktarkretsar ($c = 47 \mu F$)

Av figuren framgår att fullvågslikriktaren är bättre än halvvågen eftersom den har mindre krusningsfaktorn, så likspänningen är slätare. Det kan också visas konvergensen mellan teoretiska och simulerade värden.

En annan viktig faktor är likriktarens verkningsgrad. Det definieras som förhållandet mellan DC och AC effekten av lasten. verkningsgraden kan förbättras med användning av kondensator som reducerar krusningen och därmed minskar utgångens AC-innehåll.

Beroende på resultaten i en tabell 3, figur 15 visar en jämförelse av tre typer av kretsar i termer av värdet på verkningsgrad när kretsar arbetar med och utan filter. Beroende på ekvation (9) och (10), den teoretiska verkningsgraden (utan filter) visas också i figuren för jämförelse.



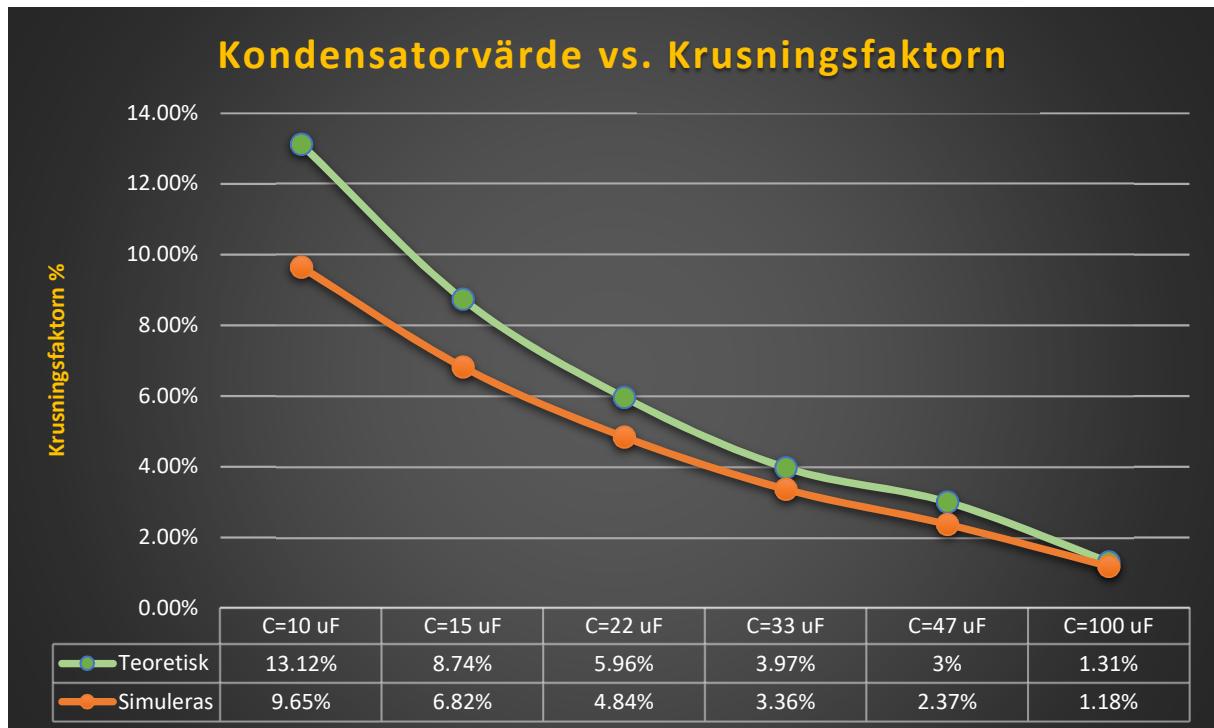
Figur 15 Verkningsgraden för tre typer av likriktarkretsar (utan och med filter)

Även med idealiska likriktare utan förluster är verkningsgraden mindre än 100% eftersom en del av uteffekten är AC snarare än DC, vilket manifesteras som krusning överlagrad på DC-vågformen. Det är uppenbart att användning av kondensator som filter leder till optimal verkningsgrad.

4.3 Effekt av kondensatorvärdet

Alla likriktarutgångar innehåller betydande mängder krusning utöver DC-komponenten. För att undvika växelströmsdelar ansluts en kondensator vid likriktarens utgång. Mehta (2008), kondensator laddar till toppspänning när halv cykeln visas vid utgången. Efter det att toppvärdet passeras, urladdar kondensatorn genom resistorn långsamt eftersom dioden är omvänt förspänd av kondensatorspänningen. Innan kondensatorspänningen sjunker väsentligt, kommer nästa utgångscykel och kondensatorn laddas upp till topp.

Figur 16 visar effekten av att ändra värdet på kondensatorn (från $C = 10 \mu F$ till $C = 100 \mu F$) på krusningsfaktorn i fullvågslikriktaren (diadbrygga).



Figur 16 Kondensatorvärde vs. krusningsfaktorn för fullvågslikriktaren (diadbrygga)

De teoretiska värdena för krusningsfaktorn har beräknats med ekvation (6). Medan de simulerade värdena har beräknats med ekvationer (2–4). Det framgår av figuren att ökningen i kondensatorvärde minskar krusningsfaktorn och gör formen på DC spänningen glattare. Det kan också visas konvergensen mellan teoretiska och simulerade värden.

4.4 Slutsats

Baserat på de resultat som uppnåtts, och prestandaanalys, svaren av rapportfrågeställningarna är:

- 1) DC-strömförsörjning krävs ofta för många elektroniska applikationer. Ett av de mest pålitliga och bekväma sätten är att konvertera den tillgängliga nätströmförsörjningen till likström. Denna konvertering av AC-signalen till DC-signalen görs med en likriktare, som är ett diodssystem. Det kan vara en

halvvågslikriktare som endast korrigeras hälften av AC-signalen eller en fullvågslikriktare som korrigeras båda cyklerna för AC-signalen. Fullvågslikriktaren kan vara mittuttag likriktare som består av två dioder eller en brygglikriktare som består av 4 dioder, Albert (2016).

2) I halvvågslikriktaren passerar den positiva halvan av växelvågen medan den negativa halvan är blockerad. Matematiskt är det en stegfunktion (för positivt pass, negativt block): passering positivt motsvarar rampfunktionen är identiteten på positiva ingångar, blockering negativ motsvarar att vara noll på negativa ingångar. Fullvågslikriktaren konverterar hela ingångsvågsformen till en med konstant positiv polaritet vid dess utgång. Matematiskt motsvarar detta absolutvärdefunktionen. Den konverterar båda polariteterna för ingångsvågsformen till pulserande DC och ger en högre genomsnittlig utgångsspänning, Mehta (2008).

3) Med tillgängligheten till låg kostnad, mycket tillförlitliga och små storlekar kiseldioder, blir fullvågslikriktaren (diadbrygga) mer och mer populärt i jämförelse med fullvågslikriktare (mittuttag) och halvvågslikriktare, Theraja (2005). Fördelarna med fullvågslikriktare (diadbrygga) är:

- Ingen mittuttags krävs i transformatorns sekundär så transformatorn krävs är enklare och låg kostnad. Om det inte behövs ökning eller sänkning av spänningen kan transformatorn elimineras jämmt.
- Krusning spänningen är låg och med högre frekvens, så enkel filterkrets krävs.
- Likriktaren verkningsgraden för en fullvågslikriktare är dubbelt så stor som en halvvågslikriktare om inget filter används.
- Den toppspärrspänningen (PIV) för dioderna i brygglikriktaren är hålvärdet för PIV-klassificeringen i fallet med mittuttag likriktare. Därför är brygglikriktaren mycket lämpad för högspänningsapplikationer.

5. Källor

- Albert M., David J. B. (2016). *Electronic principles*. 8th Eighth edition. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-337388-1.
- V.K. Mehta, R. Mehta (2008). *Principles of Electronics*. 11th edition. New Delhi: S. Chand Publishing. ISBN 81-219-2450-2.
- Jimmie J. Cathey (2002). *Theory and problems of electronic devices and circuits*. 2nd edition. Schaum's outline series, McGraw-Hill. DOI: 10.1036/0071398309.
- B.L. Theraja, A.K. Theraja (2005). *Electrical Technology*. VOL I, Basic electrical engineering. India: S. Chand Publishing. ISBN: 81-219-2440-5.
- Steven T. Karris (2006). *Introduction to Simulink with engineering applications*. Orchard publications. ISBN 978-0-9744239-8-2.
- Alexandru B., Adrian P., Florin M. (2015). *Advantages of using Matlab Simulink in laboratory lessons on operating conditions of overhead power lines*. Published by Elsevier Ltd. Procedia - social and behavioral sciences 191 (2015) 179 – 184.
- Mathworks (2020a). *Matlab Simulink*.
<https://www.mathworks.com/help/simulink/getting-started-with-simulink.html>
- Mathworks (2020b). *Matlab documentation*.
<https://www.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html>

Bilaga A: Simulink Modeller

Alla Simulink-modeller som har implementerats och körs i detta arbete kan erhållas fritt från följande webbplats:

<https://github.com/YasirJabbar2020/Half-Full-Wave-Rectifier>

Webbplatsen innehåller 3 Simulink-filer:

- (1) half_wave.slx
- (2) full_wave1.slx
- (3) full_wave2.slx

Bilaga B: Vetenskapliga Termer

Krusningsfaktor	Ripple factor
Likriktarkrets	Rectifier circuit
Halvvågslikriktare	Half wave rectifier
Fullvågslikriktare	Full wave rectifier
Mittuttag transformator	Center-tapped transformer
Inspänning	Input voltage
Utspänning	Output voltage
Diod	Diode
Last resistor	Load resistor
Verkningsgraden	Efficiency
Glättningskondensator	Smoothing capacitor
Toppspärrspänningen	Peak inverse voltage

