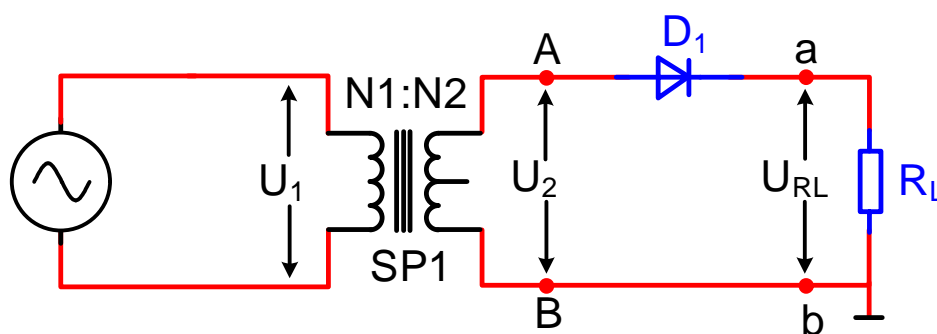


Rafbók



Rafeindafraði 4. hefti

Hálfbylgjuafriðun

Sigurður Örn Kristjánsson

Bergsteinn Baldursson



Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni.

www.rafbok.is

Allir rafiðnaðarmenn og rafiðnaðarnemar geta fengið aðgang án endurgjalds að rafbókinni.

Heimilt er að afrita textann til fræðslu í skólum sem reknir eru fyrir opinbert fé án leyfis höfundar eða Fræðsluskrifstofu rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Fræðsluskrifstofu rafiðnaðarins.

Höfundar eru Sigurður Örn Kristjánsson og Bergsteinn Baldursson.
Umbrot í rafbók, uppsetning og teikning Báru Halldórsdóttir.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til höfundar Sigurðar Arnar sqk@tskoli.is og Báru Halldórsdóttur á netfangið bara@rafnam.is

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

Efnisyfirlit

| | |
|---|----|
| 1. Hálfbylgjuafriðun..... | 3 |
| 1.1 Hálfbylgjuafriðun..... | 3 |
| 1.2 Gáruspennujöfnun..... | 5 |
| 1.3 Gáruspennujöfnun með hleðslupétti | 5 |
| 1.4 Dæmi | 8 |
| 2. Hálfbylgjuafriðun - mælingar | 10 |
| 3. Svör við dæmum 1.4..... | 15 |

1. Hálfbylgjuafriðun

Í rafrásum er hlutverk spennugjafa afar mikilvægt. Þá má búa til á mismunandi hátt og fer hér á eftir lýsing á hvernig afriðun á sér stað með hjálp díóða.

1.1 Hálfbylgjuafriðun

Hálfbylgjuafriðill er sýndur á mynd 1. Hún samanstendur af spenninum SP1 sem hefur vafningshlutfallið $N_1:N_2$, díóðu sem raðtengd er við álagið R_L . Riðspennan sem á að afriða kemur frá spennugjafanum U_1 þar sem hún er þrepuð niður í spennuna U_2 .

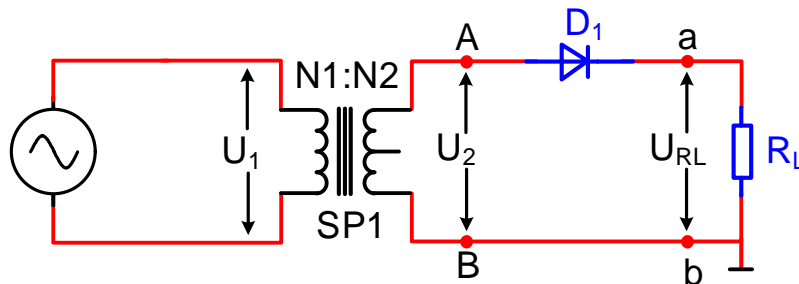
$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$

Riðspennan U_2 er tengd á póla A og B á mynd 1 og er spennan inn á díóðuna. Þegar pól A (anóða) á díóðunni hefur jákvæðari spennu heldur en pól a (katóða) verður díóðan leiðandi og toppspenna $U_{RL}(t)$ verður:

$$U_{RL}(t) = U_{2(t)} - 0,7V$$

þar sem $U_{2(t)}$ er:

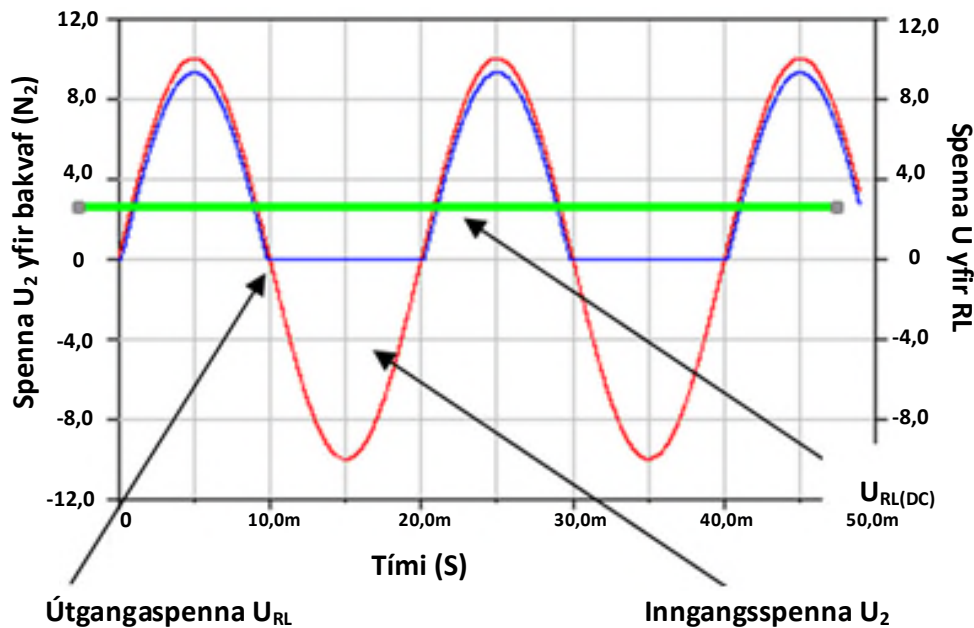
$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2$$



Mynd 1. Hálfbylgju afriðill.

Þegar pól A (anóða) á díóðunni hefur neikvæðari spennu heldur en pól a (katóða) leiðir díóðan ekki straum og spennan U_{RL} verður núll. Mynd 2 sýnir feril inn- og útgangsspennu hálfbylgjuafriðilsins.

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -



Mynd 2. Hálfbylgjuafriðun.

Eins og mynd 2 sýnir verður eingöngu til spenna yfir álagið R_L þegar straumur rennur í díóðunni á jákvæða hluta innspennu sínusbylgjunnar (U_2). Þetta er hálfbylgjuafriðun þar sem neikvæði hluti bylgjunnar verður núll yfir álagið þar sem enginn straumur rennur í rásinni. Eingöngu jákvæði hluti bylgjunnar tekur þátt í að byggja upp jafnspennuígildi $(1) U_{RL(dc)}$. Fyrir hálfbylgjuafriðun gildir að jafnspennuígildið $U_{RL(dc)}$ er:

$$U_{RL(dc)} = \frac{U_{RL(t)}}{\pi}$$

Topp í topp gáruspennan sem verður til yfir álagið R_L fylgir reglunni:

$$U_{RL(gára)} = 1,2 \cdot U_{RL(dc)}$$

Þegar díóðan leiðir ekki þarf hún að þola bakspennu U_{PIV} sem er:

$$U_{PIV} > U_{2(t)}$$

Sýnidæmi:

Hálfbylgjuafriðill er tengdur eins og mynd 1 sýnir. Finnið jafnspennu og gáruspennu yfir álagismótstöðuna. Finnið einnig þá bakspennu sem díóðan þarf að þola?

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

Eftirfarandi er gefið $U_1 = 230V$, $N_1:N_2 = 23:1$

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{1}{23} \cdot 230V = 10V$$

$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 = \sqrt{2} \cdot 10V = 14,1V$$

$$U_{R_L(t)} = U_{2(t)} - 0,7V = 14,1V - 0,7V = 13,4V$$

$$U_{R_L(dc)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\pi} = \frac{13,4V}{\pi} = 4,3V$$

$$U_{R_L(gára)} = 1,2 \cdot U_{R_L(dc)} = 1,2 \cdot 4,3V = 5,2V$$

$$U_{(PIV)} > U_{2(t)} = 14,1V$$

1.2 Gáruspennujöfnun

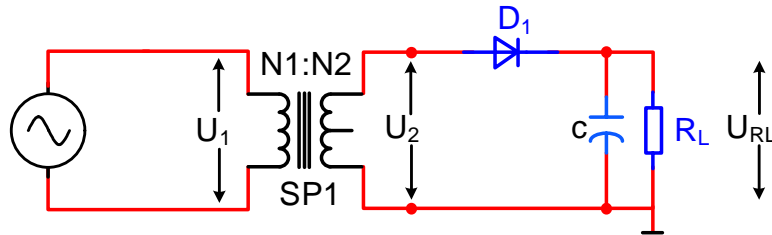
Jafnspennuígildi⁽¹⁾ frá afriðlum er ekki nægjanlega slétt til að nýtast fyrir flestar rafrásir. Sveiflukennnd spennan sem frá þeim kemur getur valdið spennutruflunum og jafnvel skemmdum í rásum sem myndu tengjast þeim. Gáruspennusía er notuð til að jafna spennuna þannig að spennubreytingin verði sem minnst. Gáruspennusíun er hægt að ná fram með hleðslupétti og/eða hleðslupétti og mismunandi síurásum.

⁽¹⁾ Jafnspennuígildi = meðalgildi spennu.

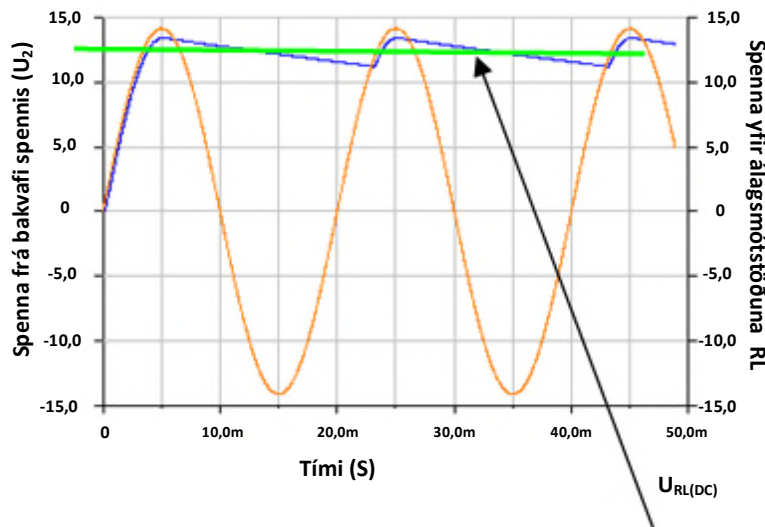
1.3 Gáruspennujöfnun með hleðslupétti

Áhrif hleðslupéttisins í hálfbylgjuafriðun sést vel á mynd 2b. Þar sést að þegar spennan U_2 fer hækkandi hleðst þéttirinn C upp í toppgildi hennar. Þegar spennan U_2 lækkar bregst þéttirinn við með því að gefa frá sér straum (hleðslu) til að viðhalda því ástandi sem honum finnst best, að vera fullhlaðinn. Það verður því hægt spennufall yfir álagið R_L þar til að spennan U_2 fer hækkandi aftur og þéttirinn hleðst aftur upp við næstu sveiflu.

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -



Mynd 2a. Hálfbylgjuafriðill með hleðsluþétti (C).



Mynd 2b. Spennuferlar hálfbylgjuafriðils með hleðsluþétti (C).

Hversu hratt þéttirinn afhleðst byggir á tímastuðlinum $\tau = R_L \cdot C_1$. Spennan frá spennugjafanum U_{RL} hefur breyst úr sveiflukennndri spennu í til þess að gera jafna spennu sem þó hefur gáruspennu í formi sagtannar. Með því að setja inn þéttinn hefur jafnspennuígildi spennunnar U_2 aukist næstum að toppspennu hennar og gáruspennan er u.þ.b. 10% af því sem hún var áður. **Hafa ber í huga að grunntíðni spennunnar U_2 er 50 Hz og gáruspennunnar er líka 50 Hz.**

Jafnspennuígildið⁽¹⁾ sem verður til yfir álagið R_L í hálfbylgjuafriðun með þétti er:

$$U_{R_L(DC)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\left[1 + \frac{1}{2 \cdot f \cdot R_L \cdot C}\right]}$$

Gáruspennan er fundin sem:

$$U_{R_L(gára(t))} = U_{R_L(t)} - U_{R_L(dc)}$$

⁽¹⁾ Jafnspennuígildi = meðalgildi spennu.

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

$$U_{R_L(gára_{rms})} = \frac{U_{R_L(gára(t))}}{\sqrt{2}}$$

Gáruspennuhlutfallið r sem myndast í spennugjafanum er fundið sem:

$$r[\%] = \left[\frac{U_{R_L(gára_{rms})}}{U_{R_L(dc)}} \right] \cdot 100\%$$

Díóðan þarf að þola í bakspennu:

$$U_{PIV} = 2 \cdot U_{2(t)}$$

Sýnidæmi:

Hálfbylgjuafriðill er tengdur eins og mynd 2a sýnir. Finnið jafnspennuna og gáruspennuna sem myndast yfir álagsmótstöðuna? Finnið bakspennuna sem díóðan þarf að þola?

Eftirfarandi er gefið $U_1 = 230V$, $N_1:N_2 = 10:1$, $C = 1000 \mu F$, $R_L = 120\Omega$ og $f = 50 \text{ Hz}$

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{1}{10} \cdot 230V = 23V$$

$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 = \sqrt{2} \cdot 23V = 32,5V$$

$$U_{R_L(t)} = U_{2(t)} - 0,7V = 32,5V - 0,7V = 31,8V$$

$$U_{R_L(dc)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\left[1 + \frac{1}{2 \cdot f \cdot R_L \cdot C_1} \right]} = \frac{31,8V}{\left[1 + \frac{1}{2 \cdot 50\text{Hz} \cdot 120\Omega \cdot 1000\mu F} \right]} = 29,4V$$

$$U_{R_L(gára(t))} = U_{R_L(t)} - U_{R_L(dc)} = 31,8V - 29,4V = 2,4V$$

$$U_{R_L(gára)} = \frac{U_{R_L(gára(t))}}{\sqrt{2}} = \frac{2,4V}{\sqrt{2}} = 1,7V$$

$$U_{(PIV)} = 2 \cdot U_{2(t)} = 65,1V$$

$$r[\%] = \left[\frac{U_{R_L(gára)}}{U_{R_L(dc)}} \right] \cdot 100 = \frac{1,7V}{29,4V} \cdot 100 = 5,8\%$$

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -

1.4 Dæmi

1. Hálfbylgjuafríðill með álagi sem er $1\text{ k}\Omega$ en án þétti hefur spennuna $U_1 = 230$ Volt og vafningshlutfall spennis er $N_1:N_2 = 5:1$.

- Reiknið $U_{RL(dc)}$?
- Reiknið $U_{RL(gáru)}$?
- Hvað þarf díoðan að þola í bakspennu U_{PIV} ?

2. Hálfbylgjuafríðill með álagi sem er $5\text{ k}\Omega$ en án þétti hefur spennuna $U_1 = 230$ Volt og vafningshlutfall spennis er $N_1:N_2 = 10:1$.

- Reiknið $U_{RL(dc)}$?
- Reiknið $U_{RL(gáru)}$?
- Hvað þarf díoðan að þola í bakspennu U_{PIV} ?

3. Hálfbylgjuafríðill með álagi og þétti sem er $1\text{ k}\Omega$ hefur spennuna $U_1 = 230$ Volt og vafningshlutfall spennis er $N_1:N_2 = 5:1$, $C = 470\mu\text{F}$ og $f = 50\text{Hz}$.

- Reiknið $U_{RL(dc)}$?
- Reiknið $U_{RL(gáru)}$?
- Reiknið nýtnina r í %?
- Hvað þarf díoðan að þola í bakspennu U_{PIV} ?

4. Hálfbylgjuafríðill með álagi og þétti sem er $5\text{ k}\Omega$ hefur spennuna $U_1 = 230$ Volt og vafningshlutfall spennis er $N_1:N_2 = 10:1$, $C = 220\mu\text{F}$ og $f = 50\text{Hz}$.

- Reiknið $U_{RL(dc)}$?
- Reiknið $U_{RL(gáru)}$?
- Reiknið nýtnina r í %?
- Hvað þarf díoðan að þola í bakspennu U_{PIV} ?

5. Hálfbylgjuafríðill án álags hefur spennuna $U_1 = 230$ Volt og vafningshlutfall spennis er $N_1:N_2 = 1:10$, $C = 470\mu\text{F}$ og $f = 50\text{Hz}$.

- Reiknið $U_{RL(dc)}$?
- Reiknið $U_{RL(gáru)}$?
- Reiknið nýtnina r í %?
- Hvað þarf díoðan að þola í bakspennu U_{PIV} ?

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

6. Hálfbylgjuafriðill með álagi og þétti sem er 220Ω hefur spennuna $U_1 = 230$ Volt og vafningshlutfall spennis er $N_1:N_2 = 15:1$. $C = 2200\mu\text{F}$ og $f = 50\text{Hz}$.

1. Reiknið $U_{\text{RL(dc)}}$?
2. Reiknið $U_{\text{RL(gáru)}}$?
3. Reiknið nýtnina r í %?
4. Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu U_{PIV} ?

2. Hálfbylgjuafriðun - mælingar

Tilgangur:

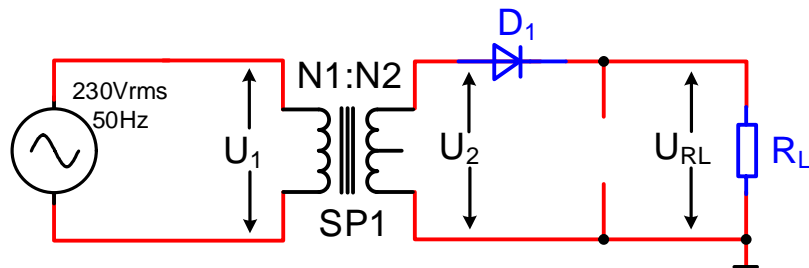
Að mæla hálfbylgjuafriðil við mismunandi ástand og finna út hvernig jafn- og gáruspenna hálfbylgjuafriðils breytist við mismunandi þéttastærðir. Einnig að sjá hvernig jafn- og gáruspennan breytist við stöðugan þétti en breytilegt álag. Teikna út frá upplýsingum mismunandi línurit.

Efni:

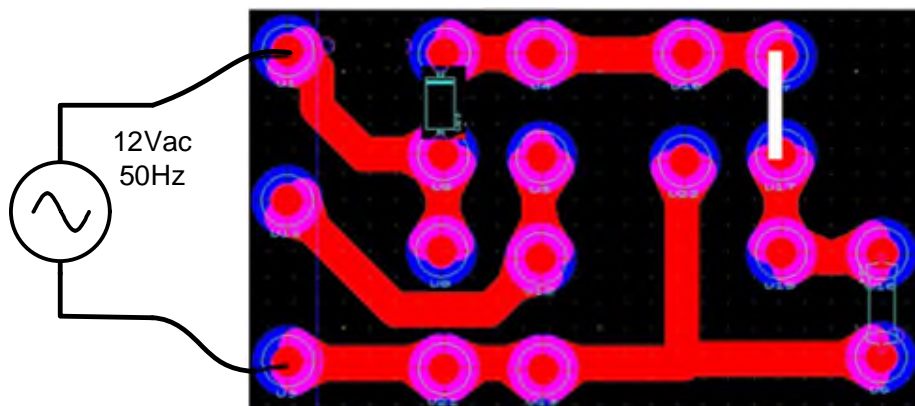
Íhlutabretti fyrir hálfbylgjuafriðun.

Framkvæmd 1: Hálfbylgjuafriðun án þétti en með álagi

Tengdu, mældu og reiknaðu á rásina samkvæmt mynd 1 og 2 og færið niðurstöður inn í töflu. $R_L = 150\Omega$ og $U_2 = 12V_{ac}$.



Mynd 1. Rásamynd af heilbylgjuafriðli.



Mynd 2. Tillaga að uppsetningu rásar á tengibretti.

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

a) Mælið U_2 ac (Mælir stilltur á U_{ac}) = _____

b) Reiknið $U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 =$ _____

Með því að nota $U_{2(t)}$ ac reiknið:

c) $U_{R_L(dc)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\pi} =$ _____

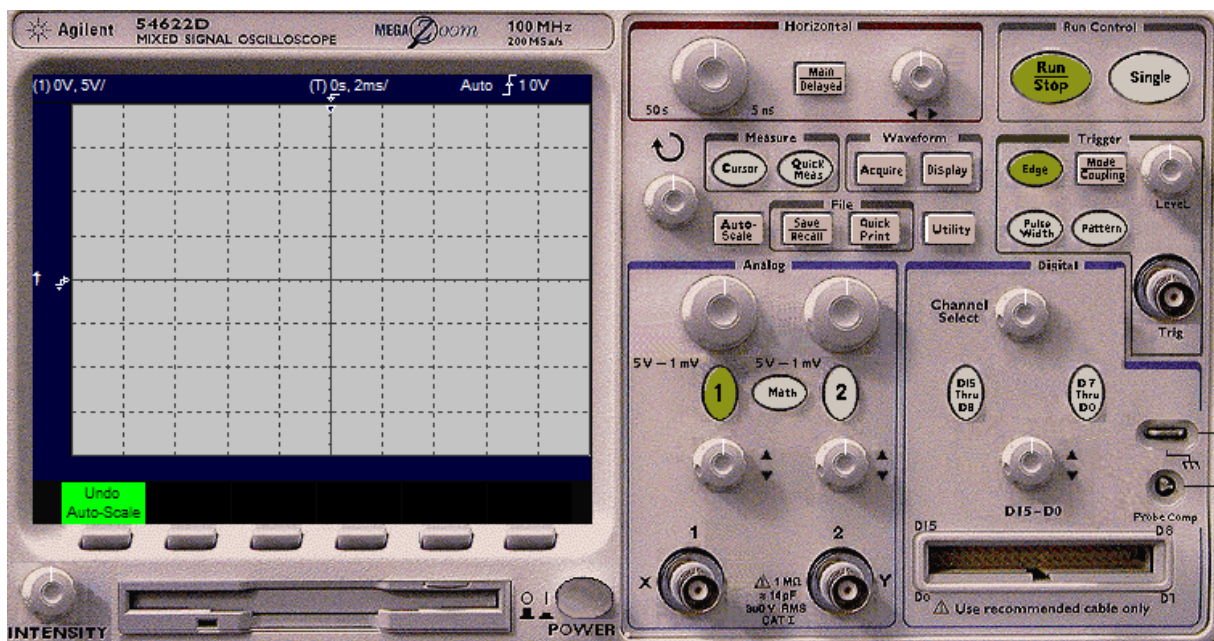
d) $U_{R_L(gára)} = 1,2 \cdot U_{R_L(dc)} =$ _____

e) Mælið U_{RL} dc (Mælir stilltur á U_{dc})

f) Mælið U_{RL} gára ac (Mælir stilltur á U_{ac})

g) Reiknið gáruspennuhlutfallið $r = \frac{U_{R_L(gára)}}{U_{R_L(dc)}} =$ _____

Teiknið með hjálp sveiflusjá ferlana U_2 ac og U_{RL} dc t.d. með mismunandi lit.



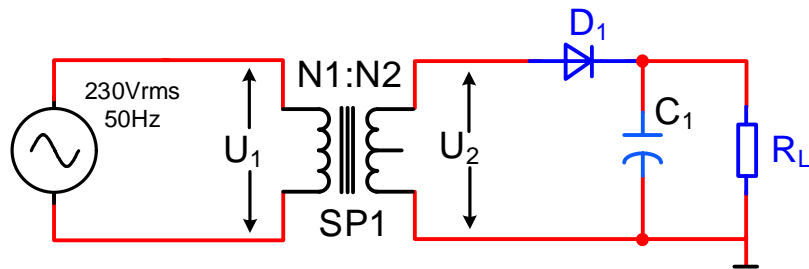
Hvað er Volt á rúðu samkvæmt sveiflusjá?

Hvað er Tíminn á rúðu samkvæmt sveiflusjá?

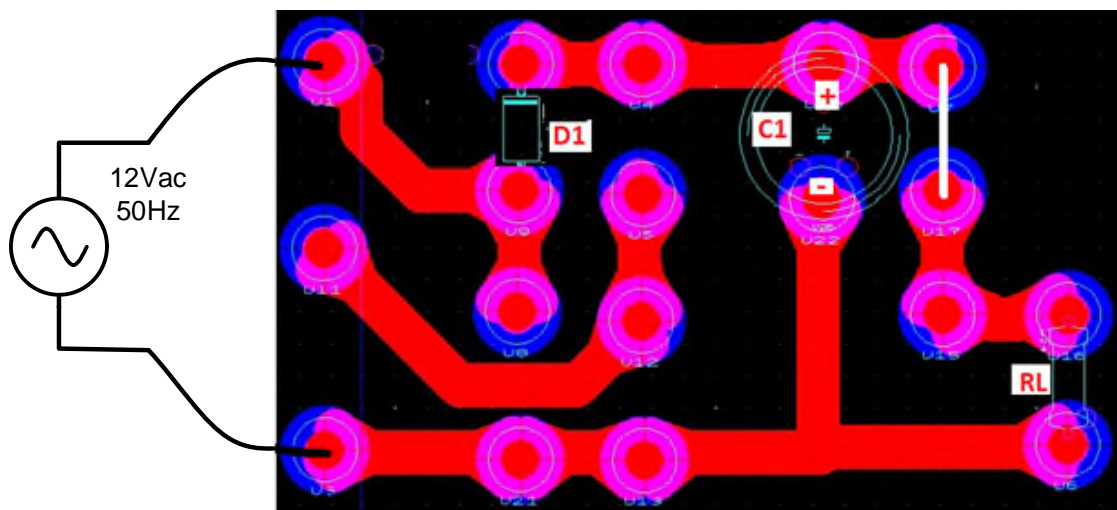
Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

Framkvæmd 2 - Hálfbylgjuafriðun með þétti og álagi.

Tengdu, mældu og reiknaðu á rásina samkvæmt mynd 3 og 4 og færið niðurstöður inn í töflu á bls.14. $R_L = 150\Omega$ og $U_2 = 12V_{ac}$ og C_1 samkvæmt töflu á bls.14.



Mynd 3. Rásamynd af heilbylgjuafriðli.



Mynd 4. Tillaga að uppsetningu rásar á tengibretti.

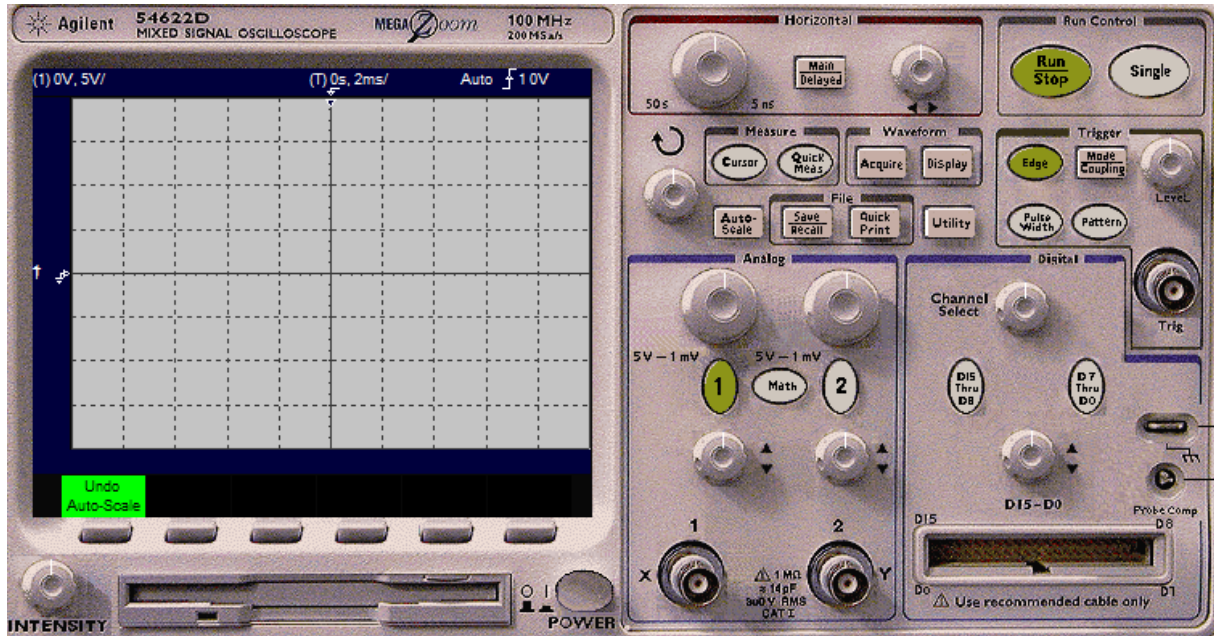
Mælið U_2 ac (Mælir stilltur á Uac) = _____

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

| | C = 100µF | C = 470µF | C = 1000µF |
|--|--------------|--------------|---------------|
| Með því að nota mælt gildi af U_{2ac} , | | | |
| reiknið: | | | |
| $U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 =$ | _____ | _____ | _____ |
| $U_{RL(t)} = U_{2(t)} - 0,7V =$ | _____ | _____ | _____ |
| $U_{RL(dc)} = \frac{U_{RL(t)}}{1 + \frac{1}{2 \cdot f \cdot R_L \cdot C_1}} =$ | _____ | _____ | _____ |
| $U_{RL(gára(t))} = U_{RL(t)} - U_{RL(dc)} =$ | _____ | _____ | _____ |
| $U_{RL(gára)} = \frac{U_{RL(gára(t))}}{\sqrt{2}} =$ | _____ | _____ | _____ |
| Mælið $U_{RL\ dc}$ (Mælir stilltur á U_{dc}) = | _____ | _____ | _____ |
| Mælið $U_{RL\ gáru\ ac}$ (Mælir stilltur á U_{ac}) = | _____ | _____ | _____ |

Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

Með hjálp sveiflusjár setjið inn í línurit U_{RLdc} fyrir C_1 , C_2 og C_3 . Sýnið núlllínu.



Hvaða áhrif hefur stækkandi þéttir á jafnspennuna U_{Rdc} og $U_{RLgáruac}$?

Á hvað er „Volt á rúðu tími á rúðu“ stillt samkvæmt sveiflusjá?

V/DiV _____ T/DIV _____

3. Svör við dæmum 1.4

1. a) $U_{RL(dc)} = 20,5V$
b) $U_{RL(gára)} = 24,6V$
c) $U_{PIV} > 65V$
2. a) $U_{RL(dc)} = 10,2V$
b) $U_{RL(gára)} = 12,2V$
c) $U_{PIV} > 32,5V$
3. a) $U_{RL(DC)} = 63V$
b) $U_{RL(gára)} = 0,93V$
c) $r(\%) = 1,5\%$
d) $U_{PIV} > 130V$
4. a) $U_{RL(DC)} = 31,5V$
b) $U_{RL(gára)} = 0,21V$
c) $r(\%) = 0,7\%$
d) $U_{PIV} > 65V$
5. a) Þar sem ekkert álag er í rásinni þá hleðst þéttirinn upp en afhleðst ekki, því verður spennan yfir hann jafn há $U_{2(t)}$ eða $3253V$.
b) Þar sem þéttirinn afhleðst ekki þá er engin gáruspennan til staðar, $0V$.
c) $r(\%) = 0\%$.
d) $U_{PIV} > 6506V$
6. a) $U_{RL(DC)} = 20,6V$
b) $U_{RL(gára)} = 0,28V$
c) $r(\%) = 1,4\%$
d) $U_{PIV} > 43,4V$