

**NEP-2023 HNGU-Patan, B.Sc. Sem -1, Paper CC-PHY-103,
INTER DISCIPLINE SPECIFIC COURSE (B-GROUP)
COURSE CODE: SC23MDSCPHY103
Course Name: Wave-Sound and Electronic**

UNIT-2 ELECTRONIC:

Rectifier and Power Supply:

The Half Wave Rectifier (4.1) - [Average or D.C. output Voltage, Average or D.C. output current, RMS value of output current, Rectifier efficiency(Ratio of Rectification), Ripple factor, Voltage Regulation, Peak inverse voltage(PIV), Transformer Utilization Factor (TUF)],

The Full Wave Rectifier (4.2) - [Average or D.C. output current, RMS value of output current, Average or D.C. output Voltage, Rectifier efficiency(Ratio of Rectification), Ripple factor, Voltage Regulation, Peak Inverse Voltage(PIV), Transformer Utilization Factor(TUF)], Comparison of Half and Full Wave Rectifiers Circuit (4.3), The Bridge Rectifier (4.4),

Filter Circuits:

The Half Wave Rectifier with Series Inductor Filter(4.7.1) and with capacitor filter(4.7.2), The Full Wave Rectifier with Series Inductor Filter(4.7.3), Choke Input Filter or L-section Filter(L-C Filter)(4.7.4), Capacitor Input Filter(C-L- C Filter or π -Filter), [Comparison of L and π -section filter circuits]

Basic Reference :

- (1) Hand book of Electronics by Gupta and Kumar
- (2) Electronic Device & Circuits -By Allen Mottershead, (PHI Publication Pvt.Ltd.)

Other Reference Books:

- (1) Electronic and Radio Engineering - By M.L.Gupta.
- (2) Basic Electronics and Linear Circuits - By Bhargva Kulshreshth & Gupta.
(TMH Publication)
- (3) Elements of Electronics - By Bagde & Singh.
- (4) Hand book of Electronics - By Gupta & Kumar.

Course Outcomes (CO's):-

- **At the end of the course the students are able to:**
 - Define conductors, insulators, semiconductors with examples.
 - List the properties of semiconductors.
 - Define doping, acceptor and donor impurities.
 - Define hole current, electron-hole pairs, and recombination.
 - Define diode and explain depletion region in PN junction.
 - Explain the forward and reverse bias characteristics of diode.
 - Verify the rectifier circuits using diodes.
 - Define Zener diode and list the applications.
 - Explain the reverse bias characteristics of Zener diode.
 - List the types of diodes with their applications and ratings.

Solid State Electronics: Basic Concept

વિદ્યુતવહન ને અનુલક્ષીને પદાર્થના ત્રણ પ્રકાર પાડવામાં આવે છે.

(1) વિદ્યુત સુવાહક, (2) વિદ્યુત અવાહકો અને (3) અર્ધવાહકો.

• વિદ્યુત સુવાહકો: (Conductor)

- આવર્ત કોષ્ટકના પ્રથમ ત્રણ સમૂહો એટલે કે ધાતુ તત્ત્વો એ વિદ્યુત સુવાહકો છે. (જેવાકે આલ્કલી, ઉમદા, તથા એલ્યુમિનિયમ સમૂહ)
- આ ધાતુ તત્ત્વોમાં ઇલેક્ટ્રોન ને લીધે સહેલાઈ થી વિદ્યુત વહન થાય છે
- સુવાહકો ની વિદ્યુત વાહકતા(Conductivity) ઘણી વધારે હોય છે.
- સુવાહકો ની વિદ્યુત અવરોધકતા(Resistivity) ઘણી ઓછી હોય છે.
- દા.ત. લોખંડ, તાંબુ, સોનું, એલ્યુમિનિયમ વગેરે.

• વિદ્યુત અવાહકો : (Non-Conductor)

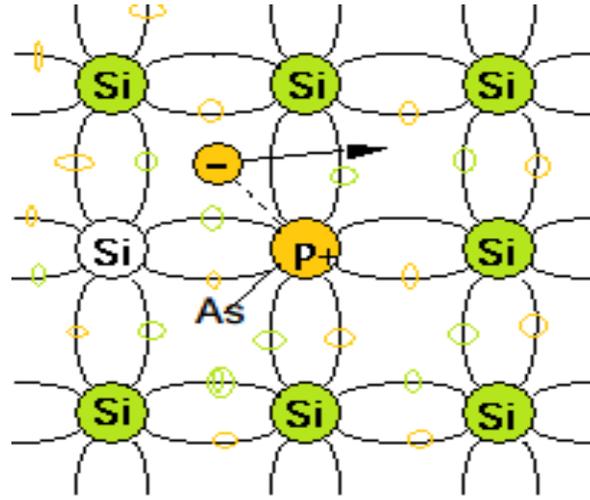
- આવર્ત કોષ્ટકના છેલ્લા ત્રણ સમૂહમાં આવેલા અધાતુ તત્ત્વો એ વિદ્યુત ના અવાહકો છે.
- આવા પદાર્થોમાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રોન હોતા નથી.
- તેથી તેમનો વિદ્યુત અવરોધ ખૂબ જ મોટો હોય છે. એટલે કે તેમની વિદ્યુત અવરોધકતા ખૂબજ ઊંચી હોય છે.
- જ્યારે તેમની વિદ્યુત વાહકતા ખૂબ જ ઓછી હોય છે.
- દા.ત. લાકડું, રબર, કાચ, પ્લાસ્ટિક, વગેરે.

• અર્ધવાહકો : (Semi-Conductor)

- આવર્ત કોષ્ટકના ચોથા સમૂહ માં આવેલ તત્ત્વો જેવા કે સિલિકોન (Si), જર્મેનિયમ (Ge) વગેરેની વિદ્યુત અવરોધકતા, ધાતુ તત્ત્વો કરતાં વધારે પરંતુ અધાતુ તત્ત્વો કરતા ઓછી હોય છે.
- આવા તત્ત્વો અર્ધવાહક કહેવાય છે.
- સુવાહક પદાર્થોમાં વિદ્યુત વહન મુક્ત ઇલેક્ટ્રોન (free electron) ને કારણે થાય છે.
- જ્યારે અર્ધવાહક માં વિદ્યુત વહન સહસંયોજક બંધ(co-valent bond) માંથી કોઈ વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન મુક્ત થવાથી સર્જાતા ઇલેક્ટ્રોન અને હોલ ને કારણે થાય છે.
- અર્ધવાહકો શુદ્ધ સ્વરૂપમાં નિરપેક્ષ શૂન્ય તાપમાને લગભગ અવાહક તરીકે વર્તે છે.

- સુવાહક નું તાપમાન વધારતા તેની અવરોધકતા વધે છે. જ્યારે વાહકતા ઘટે છે.
- અર્ધવાહક નું તાપમાન અમુક મર્યાદામાં વધારતા તેમની અવરોધકતા ઘટે છે, અને વાહકતા વધે છે.
- અર્ધવાહક પર યોગ્ય આવૃત્તિ વાળો પ્રકાશ (વિકિરણ) ને આપાત કરતા પણ તેની વાહકતા માં ફેરફાર થાય છે, એટલે કે તેની વાહકતા વધે છે.

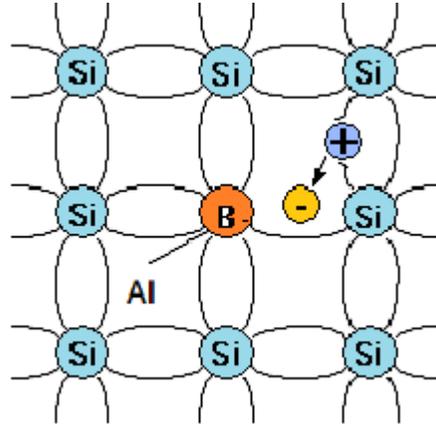
- **N-Type Semi-Conductor:**



- શુદ્ધ અર્ધવાહકમાં યોગ્ય અશુદ્ધિ ઉમેરતા તેમની વાહકતામાં મોટા પ્રમાણમાં ફેરફાર કરી શકાય છે.
- સિલિકોન(Si) અથવા જર્મેનિયમ(Ge) માં જ્યારે પેન્ટાવેલેન્ટ એન્ટિમની અથવા આર્સેનિક જેવી અશુદ્ધિ (impurity) રૂપે ઉમેરતા,
- આર્સેનિક(As) પરમાણુના ૫ વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન પૈકી ૪ ઇલેક્ટ્રોન જર્મેનિયમ અથવા સિલિકોન સાથે સહસંયોજક બંધ(co-valent bond) બનાવવામાં વપરાય છે.
- જ્યારે પાંચમો વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન વધારાના ઇલેક્ટ્રોન તરીકે સ્ફટિક ને પ્રાપ્ત થાય છે.
- આ ઇલેક્ટ્રોનને 0.1 eV જેટલી ઉર્જા મળતા તે મુક્ત ઇલેક્ટ્રોન તરીકે વર્તે છે.
- આટલી ઉર્જા તેને ઓરડાના તાપમાને જ પ્રાપ્ત થઈ શકે છે.
- આમ મુળ યજમાન Ge (જર્મેનિયમ) કે Si (સિલિકોન) સ્ફટિકને અશુદ્ધિ પરમાણુઓ ઇલેક્ટ્રોન નું દાન કરે છે.
- તેથી આવી અશુદ્ધિને ડોનર અશુદ્ધિ (impurity) કહે છે.

- અશુદ્ધિ નું પ્રમાણ 10^6 શુદ્ધ પરમાણુ દીઠ આશરે 1 અશુદ્ધ પરમાણુ રાખવામાં આવે છે.
- આથી 1 મોલ સ્ફટિક માં આશરે 10^{17} અશુદ્ધ પરમાણુ થાય અને દરેક અશુદ્ધ પરમાણુ દીઠ 1 ઇલેક્ટ્રોન વધારે પ્રાપ્ત થતાં કુલ 10^{17} મુક્ત ઇલેક્ટ્રોન સ્ફટિક ને પ્રાપ્ત થાય છે.
- આ ઉપરાંત ઉષ્મીય દોલનને લીધે કેટલાક બંધિત ઇલેક્ટ્રોન છુટા પડી ને પણ ઇલેક્ટ્રોન - હોલનું સર્જન કરે છે.
- હોલ ની સંખ્યા ડોનર માંથી મળેલા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા ના પ્રમાણમાં ઘણી ઓછી હોય છે.
- આમ પેન્ટાવેલન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરતા જર્મેનિયમ કે સિલિકોન માં વિદ્યુત વહન મુખ્યત્વે અશુદ્ધિ માંથી દાન મળેલ ઇલેક્ટ્રોન દ્વારા થાય છે.
- આવા સ્ફટિકમાં મુખ્ય વીજભાર વાહકો ઇલેક્ટ્રોન હોય છે.
- ઇલેક્ટ્રોન નો વિદ્યુતભાર ઋણ (Negative) હોવાથી તેને N-પ્રકારનો અર્ધવાહક કહે છે.

• P-Type Semi-Conductor:



- સિલિકોન(Si) અથવા જર્મેનિયમ(Ge) સ્ફટિકમાં જ્યારે એલ્યુમિનિયમ(Al) જેવી ત્રાયવેલેન્ટ (trivalent) અશુદ્ધિ ઉમેરતા,
- એલ્યુમિનિયમ (Al) ના ત્રણ પરમાણુ, એ સિલિકોન(Si) કે જર્મેનિયમ(Ge) ના ચાર વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન પૈકી ત્રણ પરમાણુ સાથે સહસંયોજક બંધ (co-valent bond) રચવામાં વપરાય જાય છે.
- જ્યારે એક સહસંયોજક બંધ માં ઇલેક્ટ્રોનની ગેરહાજરી રહે છે.
- જે બંધમાં ઇલેક્ટ્રોન ની ગેરહાજરી રહે તેમાં હોલ (Hole) રહેલું છે, એમ કહેવાય છે.

- અહીં ખાસ યાદ રાખો કે હોલ મુક્ત નથી પરંતુ એલ્યુમિનિયમ (aluminium) અને સિલિકોન(Si) અથવા જર્મેનિયમ(Ge) વચ્ચેના એક બંધમાં છે.
- આ હોલ ઇલેક્ટ્રોન સ્વીકારવાની વૃત્તિ ધરાવે છે.
- તેથી તેને એક્સેપ્ટર અશુદ્ધિ કહે છે.
- આ સ્ફટિક માં વિદ્યુત વહન હોલ (Hole) દ્વારા થાય છે.
- હોલ ધન વિદ્યુત ભારિત કણ ની જેમ વર્તતો હોવાથી ધન પદાર્થ માટે અંગ્રેજી શબ્દ પોઝિટિવ (Positive) પરથી આવા સ્ફટિકને P-type અર્ધવાહક કહે છે.
- P-type semiconductor માં મેજોરીટી ચાર્જ કેરિયર તરીકે હોલ હોય છે જ્યારે માઈનોરીટી ચાર્જ કેરિયર તરીકે ઇલેક્ટ્રોન હોય છે.
- **See a Video of P-type & N-type Semiconductor's Construction & Working:**
- <https://youtu.be/DvYfs6rXKuE>

➤ P-N જંક્શન ડાયોડ:

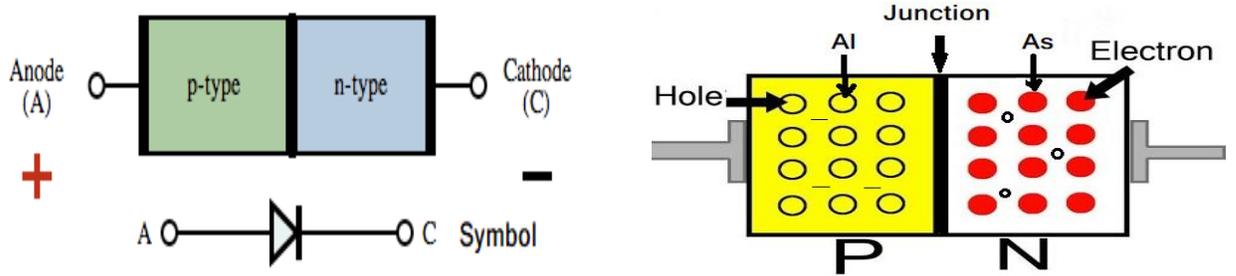
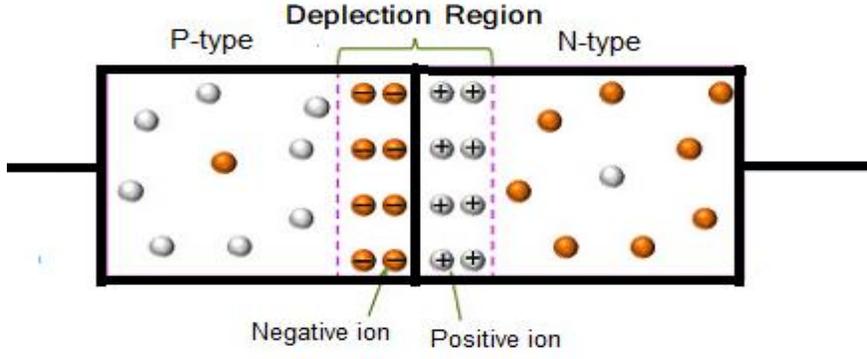


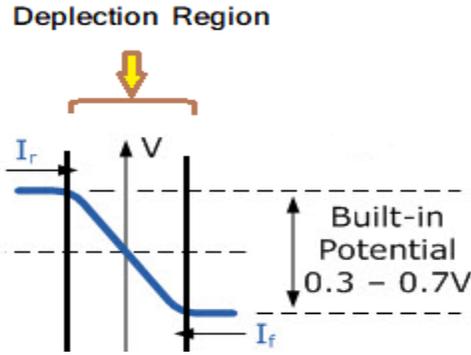
Fig:1 P-N Junction diode & Symbol

- P-type અને N-type સેમીકંડક્ટર ને એકબીજા સાથે સંપર્ક માં રાખીને લગભગ 600 ° C તાપમાને ગરમ કરવામાં આવેતો તે કાયમી જોડાણ પ્રાપ્ત કરે છે. આવા જોડાણને P-N જંક્શન ડાયોડ કહે છે.
- આકૃતિ (૧) માં P-type સ્ફટિકમાં Al પરમાણુ (Mejority) તથા મુક્ત ઇલેક્ટ્રોન (Minority) ચાર્જ કેરીયર છે.
- જ્યારે N-type સ્ફટિકમાં As પરમાણુ (Mejority) તથા હોલ (Minority) ચાર્જ કેરીયર છે.



← E
વિદ્યુત ક્ષેત્ર (N થી P તરફ)

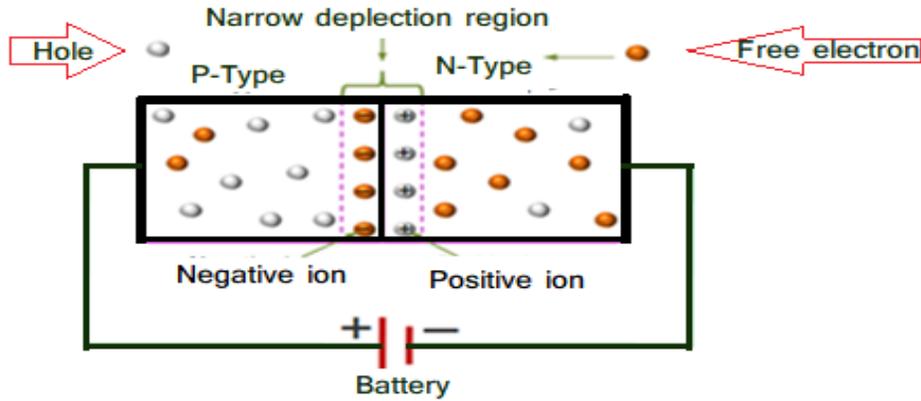
(Fig:2-a)



(Fig:2-b)

- P-type માંથી હોલ જંકશન દ્વારા N-type મા ડીફ્યુઝન પામે છે, અને N માં રહેલ જંકસન પાસેના ઈલેક્ટ્રોન ને મળીને શીથીલ (તટસ્થ) થાય છે.
- N-type માંથી ઈલેક્ટ્રોન જંકશન દ્વારા P-type મા ડીફ્યુઝન પામે છે, અને N માં રહેલ જંકશન પાસેના હોલ ને મળીને શીથીલ (તટસ્થ) થાય છે.
- આમ જંકસન ની આજુબાજુ થોડો વિસ્તાર ઈલેક્ટ્રોન અને હોલ વગરનો થાય છે.
- આથી જંકશન પાસે P વિભાગમાં Al પરમાણુ ઋણઆયનો બને છે. (ઈલેક્ટ્રોન મેળવીને) અને N વિભાગમાં As પરમાણુઓ ધન આયનો બને છે. (ઈલેક્ટ્રોન ગુમાવીને)
- જેમ-જેમ ઈલેક્ટ્રોન-હોલ જંકશન પાસે વધુ ને વધુ તટસ્થ થાય તેમ-તેમ જંકસન પાસે P વિભાગમાં ઋણ આયનો અને N વિભાગમાં ધન આયનો વધતા જાય છે.
- આમ જંકશન ની બન્ને બાજુ ધન અને ઋણ આયનો વધતા, P વિભાગમાં ઋણ વિદ્યુત સ્થિતિમાન સ્થપાય છે, અને N વિભાગમાં ધન વિદ્યુત સ્થિતિમાન સ્થપાય છે.

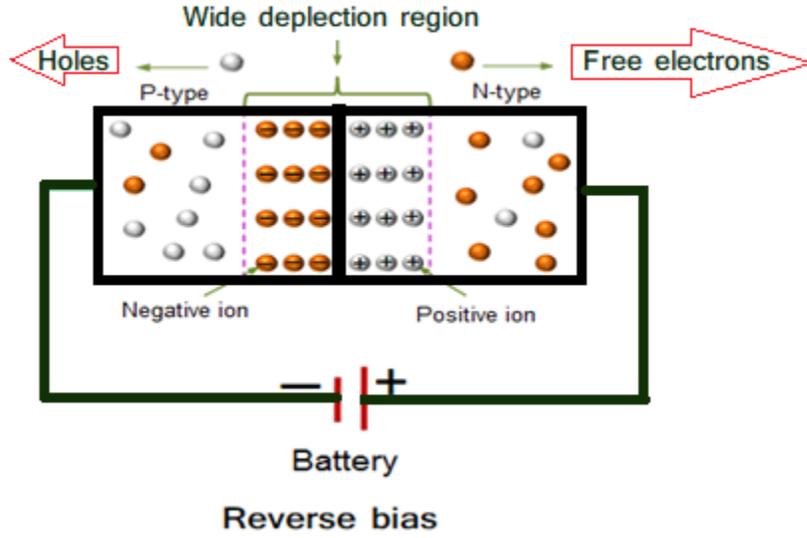
- વિધુત સ્થિતિમાન વિરુદ્ધ અંતરનો આલેખ Fig-2b માં દર્શાવેલ છે.
- વિધુત સ્થિતિમાન ના તફાવતને કરને N થી P તરફ (એટલેકે ધન થી ઋણ) વિધુત ક્ષેત્ર (E) રચાય છે. (See Fig.2-a)
- ડેપ્લેશન રીજીયન: (Depletion Region)
 - જંકશન ની આજુ-બાજુ ના વિસ્તારમાં N- વિભાગમાં મેજોરીટી ઈલેક્ટ્રોન શીથીલ થયા હોય અને p- વિભાગમાં મેજોરીટી હોલ શીથીલ થયા હોય છે. આ વિસ્તારને ઈલેક્ટ્રોન-હોલ વગરનો વિસ્તાર અથવા ડેપ્લેશન રીજીયન કહેવાય છે. જેની જાડાઈ આશરે 10^{-6} cm હોય છે.
 - ડેપ્લેશન રીજીયનમાં વિધુત સ્થિતિમાન ના વિતરણ ને ડેપ્લેશન બેરીયર કહે છે. તે 0.1 volt ના ક્રમનો હોય છે.
- ફોરવર્ડ બાયસ જોડાણ : (Forward Bias)



Forward bias

- બેટરીનો ધન ધ્રુવ P-અર્ધવાહક સાથે અને બેટરીનો ઋણ ધ્રુવ N-અર્ધવાહક સાથે જોડવામાં આવે તો આ જોડાણ ને Forward Bias કહે છે.
- અહીં બેટરીનું વિધુતક્ષેત્ર (E) અને ડેપ્લેશન સ્તર નું વિધુતક્ષેત્ર એક-બીજાને વિરુદ્ધ થતા ડેપ્લેશન સ્તર પાતળું બને છે. તેથી N માંથી P માં ઈલેક્ટ્રોન ને જવા ઓછું કાર્ય કરવું પડે છે.
- આથી Forward Bias માં પ્રવાહ વધારે મળે છે.
- એટલે કે મિલી-એમ્પીયર ના ક્રમનો મળે છે.

- રીવર્સ બાયસ જોડાણ : (Reverse Bias)



- બેટરીનો ધન ધ્રુવ N-અર્ધવાહક સાથે અને બેટરીનો ઋણ ધ્રુવ P-અર્ધવાહક સાથે જોડવામાં આવે તો આ જોડાણ ને Reverse Bias કહે છે.
- અહીં બેટરીનું વિદ્યુતક્ષેત્ર (E) અને ડેપ્લેશન સ્તર નું વિદ્યુતક્ષેત્ર એક-બીજાને સહાયકારી સ્થિતિમાં થતા ડેપ્લેશન સ્તર મોટું બને છે. તેથી N માંથી P માં ઈલેક્ટ્રોન ને જવા વધારે મુશ્કેલીઓનો સામનો કરવો પડે છે.
- આથી Reverse Bias માં પ્રવાહ ખુબજ ઓછો મળે છે.
- એટલે કે માઈક્રો-એમ્પીયર ના ક્રમનો મળે છે.
- **Watch a Video on**
- **P-N Junction Diode, Construction & Working**
- **Depletion Layer & Forward-Reverse Bias**
- https://youtu.be/hKGJoW_u6wo

UNIT-4 Rectifier and Filter Circuits:

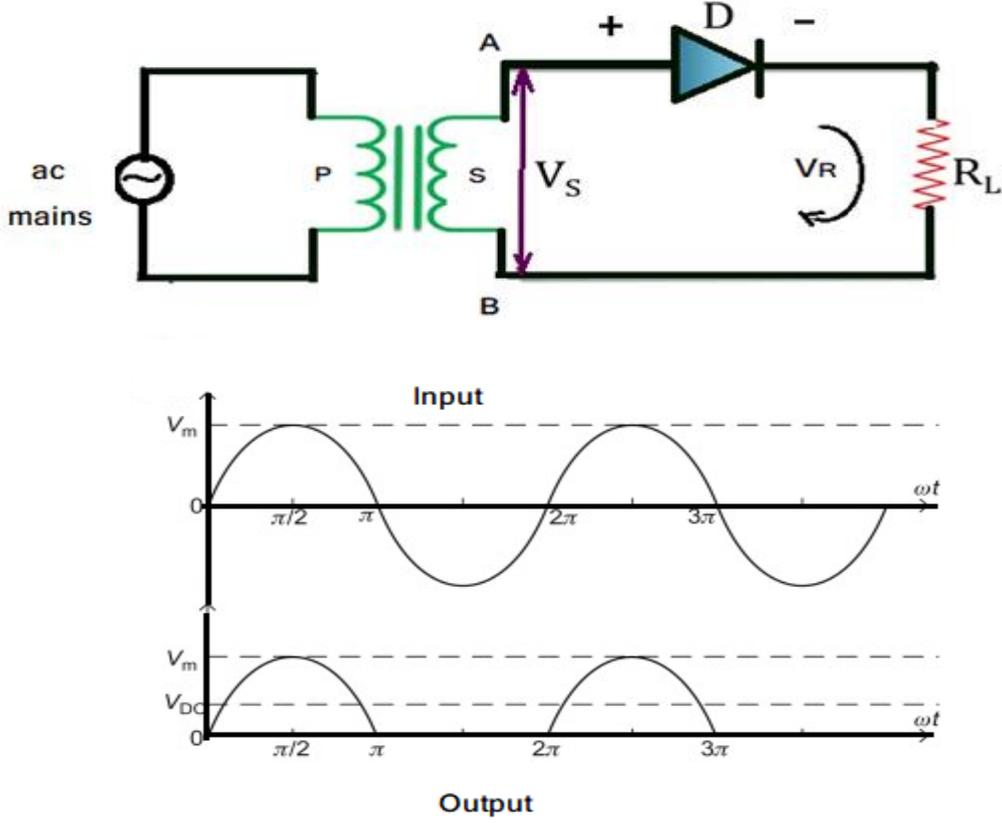
Introduction (પ્રસ્તાવના) :

- ઇલેક્ટ્રિક ઉર્જાને આપણે વ્યવહારમાં A.C. અને D.C. ઉર્જાના સ્વરૂપમાં વાપરીએ છીએ.
- બધાજ ઇલેક્ટ્રોનિક્સ ઉપકરણો d.c. ઉદગમ (Source) દ્વારા જ ચાલતા હોય છે.
- જ્યાં d.c. ઉદગમ (Source) ન હોય ત્યાં a.c. ઉર્જાને d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતરિત કરવી જરૂરી છે.
- આપણા ઘર વપરાશમાં પાવર સ્ટેશનો દ્વારા મળતી a.c. ઉર્જા, એ 220 Volt અને 50 Hz આવૃત્તિ ધરાવે છે.
- આવી a.c. ઉર્જાનું d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતર કરવા માટે બેટરી એલીમિનેટર or પાવર સપ્લાયનો ઉપયોગ થાય છે. જેમાં રેક્ટીફાયર અને ફિલ્ટર પરિપથનો ઉપયોગ થાય છે.

• રેક્ટીફાયર અને રેક્ટીફિકેશન: (Rectifier & Rectification)

- a.c. ઉર્જાનું d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતર કરતા પરિપથ ને રેક્ટીફાયર કહે છે. અથવા
- A.C. વોલ્ટેજ કે પ્રવાહ માંથી D.C. વોલ્ટેજ કે પ્રવાહમાં રૂપાંતર કરતા પરિપથ(device) ને રેક્ટીફાયર કહે છે. તથા
- A.C. વોલ્ટેજ કે પ્રવાહ માંથી D.C. વોલ્ટેજ કે પ્રવાહમાં રૂપાંતર કરવાની ક્રિયાને(process) રેક્ટીફિકેશન કહે છે. અથવા
- a.c. ઉર્જાનું d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતર કરવાની ક્રિયાને(process) રેક્ટીફિકેશન કહે છે.
- રેક્ટીફાયર પરિપથ માં મુખ્યત્વે PN- જંકશન ડાયોડ, લોડ અવરોધ અને ટ્રાન્સફોર્મર જેવા ઘટકો વપરાય છે.
- રેક્ટીફાયર પરિપથ ત્રણ પ્રકારના છે.
 - (1) અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર (Half wave rectifier),
 - (2) પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર(Full wave rectifier) અને
 - (3) બ્રિજ રેક્ટીફાયર(Bridge rectifier).

(1) અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર : (Half wave rectifier):



(Fig:1 Half Wave Rectifier)

- અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર નો પરિપથ fig-1 માં દર્શાવેલ છે.
- ટ્રાન્સફોર્મર ના પ્રાથમિક ગૂંચળાને a.c. mains વોલ્ટેજ આપવામાં આવે છે, જ્યારે ગૌણ ગૂંચળાને ડાયોડ(D) અને લોડ અવરોધ (R_L) સાથે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે.

આ પરીપથમાં ટ્રાન્સફોર્મર વાપરવાના મુખ્ય બે ફાયદા છે.

(1) ટ્રાન્સફોર્મર એ રેક્ટીફાયર પરિપથ અને ac mains ને અલગ (isolate) કરે છે.

(2) જરૂરિયાત મુજબના d.c. વોલ્ટેજ માટે સ્ટેપ-અપ કે સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર ને જોડવામાં આવે છે. મોટા ભાગના ઇલેક્ટ્રોનિક ઉપકરણ માં 2 - 12 volt ના સ્ટેપ-ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર વપરાય છે. જ્યારે CRT (Cathod Ray Tube) માં આશરે 2 KV ના voltage માટે સ્ટેપ-અપ ટ્રાન્સફોર્મર વપરાય છે.

➤ કાર્ય પધ્ધતિ: (Work function)

- ધારો કે ટ્રાન્સફોર્મર ના પ્રાથમિક ગૂંચળાને a.c. mains વોલ્ટેજ આપતા, ગૌણ ગૂંચળામાં ઉદભવતો a.c. વોલ્ટેજ

$$\square V_S = V_m \sin \omega t \dots\dots (1),$$

- જ્યાં V_m એ a.c.વોલ્ટેજ નું મહત્તમ (Peak) મૂલ્ય છે.

- જેથી ડાયોડ માંથી પસાર થતો મહત્તમ પ્રવાહ

$$I_m = \frac{V_m}{R_S + R_D + R_L} \dots\dots (2)$$

- હવે ગૌણ ગૂંચળામાં ઉદભવતા a.c. વોલ્ટેજ (V_S) ના પ્રથમ ધન અર્ધચક્ર (0 થી π) માટે PN-જંકસન ડાયોડ માં એનોડ ધન અને કેથોડ ઋણ થતા ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે, અને વીજપ્રવાહ R_L માંથી વહે છે.
- આજ પ્રમાણે a.c. વોલ્ટેજ (V_S) ના પ્રથમ ઋણ અર્ધચક્ર (π થી 2π) માટે PN-જંકસન ડાયોડમાં એનોડ ઋણ અને કેથોડ ધન થતા ડાયોડ રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે, તેથી વીજપ્રવાહ R_L માંથી વહેતો નથી. (see Fig-1)
- આમ આ રેક્ટીફાયરમાં ઈનપુટ સિગ્નલના પૂર્ણ તરંગ માંથી આઉટપુટમાં ફક્ત અર્ધા ભાગના જ તરંગ મળે છે, તેથી તેને અર્ધ-તરંગ રેક્ટીફાયર કહે છે.
- અર્ધ-તરંગ રેક્ટીફાયરમાં ઈનપુટ અને આઉટપુટ માં આવૃત્તિ સમાન જ રહે છે.

➤ **Video Link :** <https://youtu.be/8Bzt-FFvRgQ>

➤ ગાણિતીય વિશ્લેષણ: (Mathematical Analysis)

(1) D.C. આઉટપુટ વીજપ્રવાહ (લોડપ્રવાહ) I_{dc} : (D.C. Output Current I_{dc})

- અર્ધ-તરંગ રેક્ટીફાયરમાં અવરોધ R_L માંથી મળતો વીજપ્રવાહ

$$I_0 = I_m \sin \omega t, \quad (0 \leq \omega t \leq \pi) \text{ પ્રથમ ધન અર્ધચક્ર}$$

$$I_0 = 0, \quad (\pi \leq \omega t \leq 2\pi) \text{ પ્રથમ ઋણ અર્ધચક્ર} \dots\dots\dots (3)$$

- માટે આઉટપુટમાં મળતો સરેરાસ d.c. પ્રવાહ

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_0 d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_0 d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi}^{2\pi} I_0 d\omega t$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin\omega t d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi}^{2\pi} 0 d\omega t$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} [-\cos\omega t]_0^{\pi} = \frac{I_m}{2\pi} [-(-1) + (1)]$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \dots \dots (1)$$

$$[\text{Where } I_m = \frac{V_m}{R_S + R_D + R_L}]$$

OR

$$I_{dc} = \frac{V_m}{\pi (R_S + R_D + R_L)}$$

$$I_{dc} = \frac{V_m}{\pi (R_f + R_L)}$$

Where, $R_f = R_S + R_D = \text{Diode's Forward Resister}$

(2) આઉટપુટ વિજપ્રવાહ નું RMS મૂલ્ય I_{rms} : (RMS Value of Output Current)

- I_{rms} એટલે આઉટપુટ માં મળતા કુલ વિજપ્રવાહનું Root Mean Square Value (વિજપ્રવાહ ના સરેરાસ વર્ગનું વર્ગીત મૂલ્ય)

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{\int_0^{2\pi} I_0^2}{2\pi} \right]}$$

OR

$$I_{rms} = \left[\frac{\int_0^{2\pi} I_0^2}{2\pi} \right]^{1/2}$$

$I_0 = I_m \sin\omega t$, ($0 \leq \omega t \leq \pi$) અને $I_0 = 0$, ($\pi \leq \omega t \leq 2\pi$) લેતા,

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2 \omega t \, d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi}^{2\pi} 0 \, d\omega t \right]}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{I_m^2}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t \, d\omega t \right]}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{I_m^2}{2\pi} \int_0^{\pi} \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) d\omega t \right]}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{I_m^2}{2\pi} \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right) \right]_0^{\pi}}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{I_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{2} - 0 \right) \right]}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{I_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{2} \right) \right]} = \sqrt{\left[\frac{I_m^2}{4} \right]}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2}$$

$$I_{rms} = \frac{V_m}{2(R_S + R_D + R_L)}$$

(3) DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc} : (DC Output Voltage V_{dc})

- અર્ધ-તરંગ રેક્ટીફાયરમાં લોડઅવરોધ R_L ને સમાંતર મળતા d.c. આઉટપુટ વોલ્ટેજ મેળવવા ઓહ્મના મુજબ નિયમ

$$V_{dc} = I_{dc} \cdot R_L$$

$$V_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \cdot R_L$$

$$V_{dc} = \frac{V_m \cdot R_L}{\pi (R_S + R_D + R_L)}$$

$$V_{dc} = \frac{V_m \cdot R_L}{\pi (R_f + R_L)}$$

Where, $R_f = R_S + R_D = \text{Diode's Forward Resister}$

પરંતુ, $R_L \gg R_f$, so $R_f + R_L \cong R_L$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$$

- V_{dc} બીજી રીતે આ મુજબ પણ ગણી શકાય :

$$I_{dc} = \frac{V_m}{\pi (R_f + R_L)}$$

$$I_{dc} \cdot (R_f + R_L) = \frac{V_m}{\pi}$$

$$I_{dc} \cdot R_L = \frac{V_m}{\pi} - I_{dc} \cdot (R_f)$$

$$\text{પરંતુ, } V_{dc} = I_{dc} \cdot R_L$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} - I_{dc} \cdot (R_f)$$

- ઉપરના સમીકરણ પરથી કહી શકાય કે ફક્ત લોડપ્રવાહ પર આધારિત નથી પરંતુ ડાયોડના આંતરિક અવરોધ અને ટ્રાન્સફોર્મરના ગૌણ ગૂંચળાના અવરોધ પર પણ આધારિત છે.
- જો લોડપ્રવાહ (I_{dc}) નું મૂલ્ય વધારવામાં આવે (એટલે કે R_L ને ઘટાડવામાં આવે) તો આઉટપુટ વોલ્ટેજ ઘટે છે.
- અહીં ($R_S + R_D$) ને પરીપથનો આંતરિક અવરોધ (R_f) કહેવાય છે.

(4) વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન (નિયમન) : (Voltage Regulation)

- રેક્ટીફાયર પરિપથમાં લોડપ્રવાહ બદલતા તેનો આઉટપુટ વોલ્ટેજ કેટલા પ્રમાણમાં અચલ રહે છે, તેને પરિપથ નું વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન (નિયમન) કહે છે. અથવા
- લોડની વધઘટ સ્થિતિ હેઠળ મળતા આઉટપુટ વોલ્ટેજના ફેરફારના દર ને વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન (નિયમન) કહે છે.

$$\text{વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન (\%)} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 \%$$

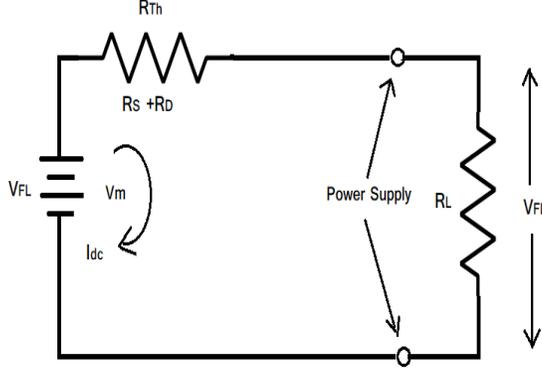


Figure:1 Thevenin Equi.Ckt

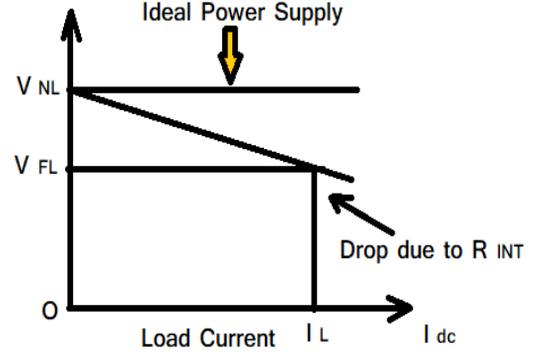


Figure:2 Graph of V → Idc

- આકૃતિ -૧ માં અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરનો થેવેનિન પ્રમેય મુજબનો સમતુલ્ય પરિપથ છે. જ્યારે આકૃતિ-૨માં લોડપ્રવાહ સાથે બદલાતા ટર્મિનલ વોલ્ટેજનો આલેખ છે.
- આલેખ પરથી કહી શકાય કે લોડપ્રવાહ વધતા પરીપથના આંતરિક અવરોધના કારણે રેગ્યુલેશન ઘટે છે.
- જે પરીપથનો આંતરિક અવરોધ શૂન્ય હોય તેનું વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન 0% હોય છે. તેથી તેને આદર્શ પાવર સપ્લાય કહે છે.
- આલેખ પરથી પરીપથનો આંતરિક અવરોધ નીચે મુજબ શોધી શકાય છે.

$$R_{INT} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{I_{dc}}$$

- આમ સારા પાવર સપ્લાયમાં વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશનની ટકાવારી નીચી હોય છે.
- આમ આદર્શ પાવર સપ્લાયમાં Full-Load (FL) વોલ્ટેજ અને No-Load(NL) વોલ્ટેજ સમાન થાય ત્યારે વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન શૂન્ય % થાય. (MCQ)

• મહત્તમ વિપરીત વોલ્ટેજ: (Peak Inverse Voltage- PIV)

- ઈનપુટ સિગ્નલના ઋણ અર્ધચક્ર દરમિયાન જ્યારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે. ત્યારે તેના એનોડ અને કેથોડ વચ્ચે જે સ્થિતિમાન હોય છે, તેને (PIV) કહે છે.
- અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર માં આ મહત્તમ વિપરીત વોલ્ટેજ(PIV) નું મૂલ્ય, ટ્રાન્સફોર્મર ના મહત્તમ વોલ્ટેજ V_m જેટલું હોય છે. (MCQ)

(5) અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા અથવા રેક્ટીફિકેશનનો દર:

(Efficiency of HWR or Ratio of Rectification):

- રેક્ટીફાયરના ઈનપુટ માં આપવામાં આવતી a.c. ઉર્જા માંથી કેટલા પ્રમાણ માં d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતરણ થયું તેને રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા કે રેક્ટીફિકેશનનો દર કહે છે.

રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા (η) = $\frac{\text{લોડ અવરોધમાં મળતી d.c. ઉર્જા}}{\text{ટ્રાન્સફોર્મરના ગોણ ગુંચળા માંથી મળતી a.c. ઉર્જા}}$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}}$$

પરંતુ

$$P_{dc} = I_{dc}^2 \cdot R_L$$

$$P_{dc} = \left(\frac{I_m}{\pi}\right)^2 \cdot R_L$$

- તે જ પ્રમાણે a.c. ઉદ્દગમ દ્વારા પરીપથને લાગુ પાડવામાં આવેલ પાવર,

$$P_{ac} = I_{rms}^2 (R_f + R_L) \cdot P_{ac}$$

$$P_{ac} = \left(\frac{I_m}{2}\right)^2 (R_f + R_L) = \frac{I_m^2}{4} (R_f + R_L)$$

- તેથી, રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા

$$(\eta) = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{\left(\frac{I_m}{\pi}\right)^2 \cdot R_L}{\frac{I_m^2}{4} (R_f + R_L)} = \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{R_L}{(R_f + R_L)}$$

$$(\eta) = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{R_f}{R_L} + 1\right)}$$

- જો $R_L \gg R_f$ હોય તો અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા અથવા રેક્ટીફિકેશન નો

$$\text{દર} = \frac{4}{\pi^2} = 0.406$$

- જે આદર્શ સ્થિતિમાં મળતું પરિણામ છે.(no diode loss).
- અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા ટકાવારી માં 40.6 % થાય.
- એટલેકે અર્ધતરંગ માં ઈનપુટ ના ફક્ત 40.6 % જેટલું જ dc ઉર્જામાં રૂપાંતરણ થાય છે, અને બાકીની આઉટપુટ લોડમાં a.c. ઉર્જા સ્વરૂપે જ મળે છે.

(6) રીપલ ફેક્ટર / રીપલ અંક : (Ripple Factor)

- રેક્ટીફાયર માં રેક્ટીફિકેશન દરમ્યાન d.c. આઉટપુટ વોલ્ટેજ/પ્રવાહ માં કેટલા પ્રમાણમાં a.c. વોલ્ટેજ/પ્રવાહ ની માત્ર રહેલ છે, તે દર્શાવતા અંક (માપ) ને રીપલ અંક કહે છે.

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = \frac{\text{આઉટપુટમાં મળતા a.c. વોલ્ટેજ અથવા પ્રવાહ નું RMS મુલ્ય}}{\text{d.c. વોલ્ટેજ અથવા પ્રવાહ નું મુલ્ય}}$$

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = \frac{I'_{rms}}{I_{dc}} = \frac{V'_{rms}}{V_{dc}}$$

- પરંતુ લોડપ્રવાહ એ શુદ્ધ d.c. નથી હોતો , તે સ્પંદયુક્ત (Pulsating) છે. જેનું ફોરીયર વિશ્લેષણ કરતા નીચે મુજબની ફોરીયર શ્રેણી મળે છે.

$$i_L = \frac{I_m}{2} \text{ (d.c. ઘટકો)}, \quad = \frac{I_m}{2} \text{Sin } \omega t - \frac{2V_m}{3\pi} \text{Cos } 2\omega t + \dots \text{ (a.c. ઘટકો)}$$

$$i_L = I_{dc} + i_r \quad \therefore i_r = i_L - I_{dc}$$

- પ્રવાહના a.c. ઘટકોનું મુલ્ય લેતા,

$$I'_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (i_r)^2 d\omega t}$$

$$I'_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (i_L - I_{dc})^2 d\omega t}$$

$$I'_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (i_L^2 + I_{dc}^2 - 2i_L I_{dc}) d\omega t}$$

$$I'_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_L^2 d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{dc}^2 d\omega t - \frac{2}{2\pi} I_{dc} \int_0^{2\pi} i_L d\omega t}$$

$$I'_{rms} = \sqrt{I_{rms}^2 + I_{dc}^2 - 2 I_{dc} I_{rms}} \quad \left[\because I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \right]$$

$$I'_{rms} = \sqrt{I_{rms}^2 - I_{dc}^2}$$

$$\text{રીપલ અંક } (\gamma) = \frac{I'_{rms}}{I_{dc}} = \frac{\sqrt{(I_{rms}^2 - I_{dc}^2)}}{I_{dc}}$$

$$\text{રીપલ અંક } (\gamma) = \sqrt{\frac{I_{rms}^2}{I_{dc}^2} - 1}$$

$$\text{રીપલ અંક } (\gamma) = \sqrt{\frac{\left(\frac{I_m}{2}\right)^2}{\left(\frac{I_m}{\pi}\right)^2} - 1}$$

$$\text{રીપલ અંક } (\gamma) = 1.21$$

- આમ, અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર માટે $\gamma > 1$ એટલે કે $I'_{rms} > I_{dc}$
- આથી કહી શકાય કે અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર ની a.c. ઉર્જાનું d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતરણ કરવાની પ્રક્રિયા નબળી છે.
- ટ્રાન્સફોર્મર ઉપયોગીતા ફેક્ટર: (Transformer Utilization Factor – TUF)
 - કોઇપણ પાવર સપ્લાયમાં ટ્રાન્સફોર્મર પણ અગત્યનો ભાગ છે.
 - તેથી પાવર સપ્લાયને ડીઝાઇન કર્યા પહેલા તેમાં વાપરવાના ટ્રાન્સફોર્મર નું રેટીંગ સમજી લેવું ખુબજ જરૂરી છે.
 - ટ્રાન્સફોર્મરની પસંદગી જરૂરી લોડ આઉટપુટ તેમજ રેક્ટીફાયરના પ્રકારને ધ્યાનમાં રાખી કરવામાં આવે છે.
 - અહીં અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર પરિપથ માટે ટ્રાન્સફોર્મર નો યુટીલાઇઝેશન ફેક્ટર (UTF) નીચે મુજબ મેળવવામાં આવે છે.

$$T.U.F. = \frac{\text{લોડમાં મળતી } d.c. \text{ ઊર્જા}}{\text{ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગૂંચળા દ્વારા મળતી રેટિંગ } a.c. \text{ ઊર્જા}}$$

$$T.U.F. = \frac{P_{dc}}{P_{ac} \text{ રેટેડ}}$$

- પ્રથમ દ્રષ્ટિએ T.U.F. એ રેક્ટીફીકેશનના ગુણોત્તર (દળ કે કાર્યક્ષમતા) જેવો જ ગુણોત્તર લાગે છે,
- પરંતુ ટ્રાન્સફોર્મરના ગૌણ ગૂંચળા દ્વારા મળતા રેટિંગનું મુલ્ય, ગૌણ ગૂંચળાના બે છેડા વચ્ચે મળતી ખરેખર a.c. ઊર્જા કરતા અલગ હોય છે.
- જેમકે રેટેડ વોલ્ટેજ V અથવા $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ એ પ્રવાહ I_{ac} અથવા $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ છે. જ્યારે ખરેખર મળતા a.c. rms મુલ્ય, I_{rms} અથવા $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ કરતા અલગ છે.

$$P_{ac} \text{ રેટેડ} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{2}$$

તેથી

$$T.U.F. = \frac{P_{dc}}{P_{ac} \text{ રેટેડ}} = \frac{\left(\frac{I_m}{\pi}\right)^2 \cdot R_L}{\frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{2}}$$

- પરંતુ $V_m = I_m (R_f + R_L)$

$$T.U.F. = \frac{\frac{I_m^2}{\pi^2} \cdot R_L}{\frac{I_m (R_f + R_L)}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi^2} \cdot \frac{R_L}{(R_f + R_L)}$$

- પરંતુ, $R_L \gg R_f$ હોવાથી R_f ને અવગણતા,

$$T.U.F. = \frac{2\sqrt{2}}{\pi^2} = 0.287$$

- લોડ અવરોધમાં મળતી d.c. ઊર્જા = ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગૂંચળા દ્વારા રેટિંગ થતી a.c. ઊર્જા X T.U.F.
- દા.ત. એક અર્ધતરંગ પરિપથ ના ટ્રાન્સફોર્મર માં વધુ પડતું હિટિંગ ન થાય તેવી સ્થિતિમાં 1 KVA (1000 VA) a.c. ટ્રાન્સફોર્મર રેટિંગ છે.
- માટે લોડમાં મળતો d.c. પાવર 1000×0.287 (T.U.F.) = 287 Watt થાય.

- ખરેખર ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગૂંચળામાંથી ac પ્રવાહ વહેતો હોય ત્યારે તેમાં સંતૃપ્તીકરણ અસરના કારણે T.U.F. માં ઘટાડો થઈ શકે છે, અને તે અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર માટે 0.2 જેટલો હોય છે. તે ફિલ્ટર પરીપાથો જોડી T.U.F. ઉંચો લઈ શકાય છે.(MCQ)

➤ અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર(એકટીશકારક) ની મર્યાદાઓ (Limitation)

- (1) રીપલ અંકનું મૂલ્ય ખુબજ ઊંચુ હોય છે. (રીપલ અંક $(\gamma) = 1.21$)
- (2) રેક્ટીફિકેશન દર (કાર્યક્ષમતા) ખુબજ નીચી હોય છે. ($\eta = \frac{4}{\pi^2} = 0.406$)
- (3) ટ્રાન્સફોર્મર નો ચુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર (UTF) નીચો હોય છે. ($T.U.F. = 0.287$)
- (4) ગૌણ ગૂંચળામાં dc સેચ્યુરેશન (સંતૃપ્તીકરણ) અસર જોવા મળે છે.

➤ પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર (Full Wave Rectifier)

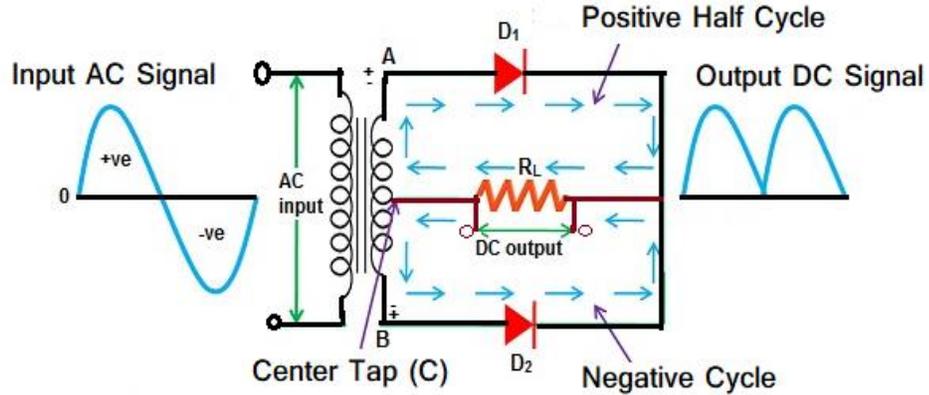
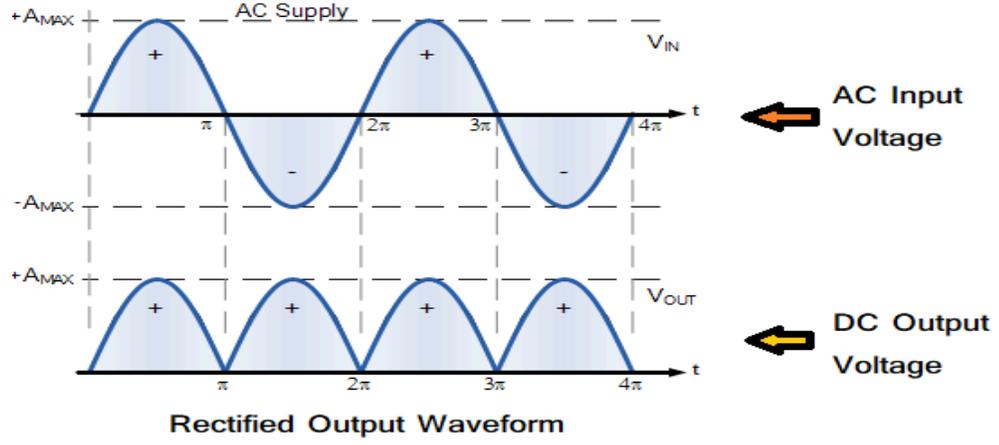


Fig.1 Full Wave Rectifier



- અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરની મર્યાદાઓ ઘટાડવા માટે પરિપથમાં વધુ એક ડાયોડ જોડીને પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર મેળવી શકાય છે. જે આકૃતિ-1માં દર્શાવેલ છે.
- આકૃતિ-1 માં દર્શાવ્યા મુજબ ડાયોડ D1 અને D2 ને સેન્ટર ટેપ ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગૂંચળા સાથે જોડવામાં આવે છે.
- જેમાં ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગૂંચળાના A છેડા સાથે ડાયોડ D1 નો એનોડ(+) અને B છેડા સાથે ડાયોડ D2 નો એનોડ(+) જોડી, બન્નેના કેથોડ એકબીજા સાથે જોડવામાં આવે છે.
- ગૂંચળાના સેન્ટર ટેપ છેડા C અને કેથોડના કોમન છેડા વચ્ચે લોડ અવરોધ R_L ને શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે. અને R_L ને સમાંતર(Across) DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ મેળવવામાં આવે છે.

➤ કાર્ય પદ્ધતિ: (Work Function) :

- ac ના પ્રથમ ધન અર્ધચક્ર દરમિયાન ગૌણ ગૂંચળાનો એક છેડો A, સેન્ટર ટેપ C ની સાપેક્ષે ધન બને અને ડાયોડ D1 ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે. આજ સમયે બીજો છેડો B, ઋણ થવાથી ડાયોડ D2 રીવર્સ બાયસ થાય છે.
- આથી વિદ્યુતપ્રવાહ I_L એ , ડાયોડ D1, લોડ અવરોધ R_L અને ગૌણ ગૂંચળાના અર્ધ ભાગમાં વહે છે.
- હવે ગૌણ ગૂંચળાના ઋણ અર્ધચક્ર દરમિયાન ડાયોડ D2 ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે, અને ડાયોડ D1 રીવર્સ બાયસ થાય છે.
- આથી વિદ્યુતપ્રવાહ I_L એ , ડાયોડ D2, લોડ અવરોધ R_L અને ગૌણ ગૂંચળાના નીચેના અર્ધ ભાગ માંથી વહે છે.

- અહીં બન્ને અર્ધચક્ર દરમિયાન લોડ અવરોધના બે છેડા વચ્ચે આપણને DC વોલ્ટેજ પ્રાપ્ત થાય છે.
- પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયરમાં આઉટપુટની આવૃત્તિ ઈનપુટઆવૃત્તિની સાપેક્ષે બેવડાય છે. (ડબલ થાય છે.)
- તરંગ આકૃતિ પરથી મહત્તમ લોડપ્રવાહ

$$I_m = \frac{V_m}{R_S + R_f + R_L} \dots \dots (1)$$

- જ્યાં, $R_S =$ ગૌણ ગૂંચળાના સેન્ટર ટેપથી એક છેડા (અર્ધા ભાગ)નો અવરોધ, $R_f =$ ડાયોડનો ફોરવર્ડ અવરોધ, અને $R_L =$ લોડ અવરોધ.
- તેમજ ઈનપુટવોલ્ટેજ $V_S = V_m \sin \omega t$ તથા આઉટપુટ dc વોલ્ટેજ શુદ્ધ dc નથી પરંતુ સ્પંદયુક્ત છે. તેથી ફોરીયર વિશ્લેષણમુજબ નીચે મુજબ મળે.

$$\frac{2V_m}{\pi} \text{ (dc component)} - \frac{4V_m}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{4V_m}{15\pi} \cos 4\omega t \text{ (ac component)}$$

..... Eqn (2)

- અહીં ac ઘટકોની આવૃત્તિ $2\omega, 4\omega, \dots$ છે. આપના ac મેઈન્સ ની આવૃત્તિ 50 Hz છે, તેથી રેક્ટીફાઈડ વોલ્ટેજની આવૃત્તિ 100 Hz, 200 Hz, મળશે. $2\omega, 4\omega, \dots$ વગેરે આવૃત્તિવાળા ac ઘટકોનું મૂલ્ય ઘણું ઓછું હોવાથી ગણતરીમાં લેવાતા નથી.

➤ ગાણિતીય વિશ્લેષણ: (Mathematical Analysis) :

- (1) DC આઉટપુટ પ્રવાહ I_{dc} (DC Load Current I_{dc})
- બન્ને ડાયોડ માંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ i_1 , અને i_2 અનુક્રમે આ મુજબ થશે.

$$\begin{aligned} i_1 &= I_m \sin \omega t && \text{૧ અર્ધચક્ર દરમિયાન } D_1 \text{ માં } [0 < \omega t < \pi] \\ = 0 &&& \text{૧ અર્ધચક્ર દરમિયાન } D_2 \text{ માં} \\ i'_1 &= 0 && \text{૩ અર્ધચક્ર દરમિયાન } D_1 \text{ માં} \\ i'_2 &= -I_m \sin \omega t && \text{૩ અર્ધચક્ર દરમિયાન } D_2 \text{ માં } [\pi < \omega t < 2\pi] \end{aligned} \dots \dots (1)$$

- તેથી લોડપ્રવાહ $i_L = i_1 + i_2 + i'_1 + i'_2$ પરંતુ $i_2 = 0$ તથા $i'_1 = 0$ લેતા,
- લોડ અવરોધ માંથી વહેતો કુલ પ્રવાહ $i_L = i_1 + i'_2$ થાશે. અને

મહત્તમ પ્રવાહ $I_m = \frac{V_m}{R_s + R_f + R_L}$ થશે.

- આઉટપુટ પ્રવાહ i_L નું dc મુલ્ય એટલે તેનું સરેરાશ મુલ્ય, આ સરેરાશ મુલ્ય ઈનપુટના એક પૂર્ણચક્ર દરમિયાન શોધવાનું હોય છે. આથી તેને નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_L d\omega t$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} i_1 d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} i_1' d\omega t \right]$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} I_m \sin \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} (-I_m \sin \omega t) d\omega t \right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} \sin \omega t d\omega t - \int_{\pi}^{2\pi} \sin \omega t d\omega t \right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} \left\{ [-\cos \omega t]_0^{\pi} - [-\cos \omega t]_{\pi}^{2\pi} \right\}$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} [-\cos \pi + \cos 0 + \cos 2\pi - \cos \pi]$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} [-(-1) + 1 + 1 - (-1)] = \frac{4I_m}{2\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$$

- (2) આઉટપુટ વિજપ્રવાહ (લોડપ્રવાહ) નું RMS મૂલ્ય I_{rms} :
(RMS Value of Output Current or Load Current)

- I_{rms} એટલે આઉટપુટ માં મળતા કુલ વિજપ્રવાહનું Root Mean Square Value (વિજપ્રવાહ ના સરેરાશ વર્ગનું વર્ગીત મૂલ્ય)

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{\int_0^{2\pi} i_0^2}{2\pi} \right]} = \left\{ \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} i_1^2 + \int_{\pi}^{2\pi} i_1'^2 \right] \right\}^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2 \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} (-I_m \sin \omega t)^2 d\omega t \right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}} \left[\int_0^{\pi} \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) d\omega t \right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}} \left[\left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right) \pi + \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right) 2\pi \right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}} \left[\left(\frac{\pi}{2} - 0 \right) + \left(\pi - \frac{\pi}{2} \right) \right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}} \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) + \left(\frac{\pi}{2} \right) \right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}} [\pi]^{1/2} = \frac{I_m}{\sqrt{2}\sqrt{\pi}} \sqrt{\pi}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

(3) DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc} : (DC Output Voltage V_{dc})

પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર માટે dc આઉટપુટ વોલ્ટેજ

$$V_{dc} = I_{dc} \times R_L$$

$$V_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} \times R_L$$

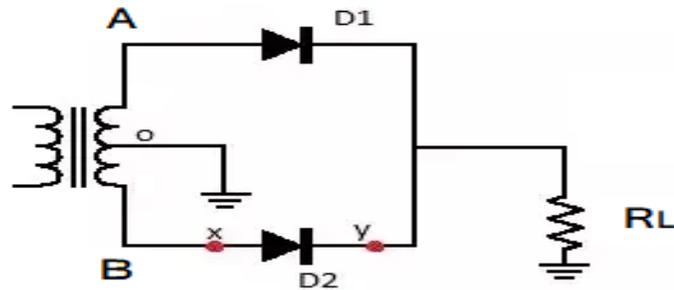
$$V_{dc} = \frac{2}{\pi} \times \frac{V_m}{(R_S + R_f + R_L)} \times R_L$$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi \left[\frac{R_S + R_f}{R_L} + 1 \right]}$$

પરંતુ $R_L \gg R_S + R_f$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

(4) મહત્તમ વિપરીત વોલ્ટેજ: (Peak Inverse Voltage- PIV):



- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે ડાયોડ D1 ફોરવર્ડ બાયસમાં હશે ત્યારે તે Close Switchતરીકે કાર્ય કરે છે.
- ડાયોડ D2 રીવર્સ બાયસ હોવાથી Open Switch તરીકે કાર્ય કરે છે.
- ડાયોડ D2 નો એનોડ ગૌણ ગૂંચળાના B સાથે જોડાયેલ છે. જ્યારે કેથોડ ગૌણ ગૂંચળાના A સાથે ડાયોડ D1દ્વારા જોડાયેલ છે.
- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ AB છેડા વચ્ચે મહત્તમ વોલ્ટેજ $2V_m (V_m + V_m)$ થશે. જે ડાયોડ D2 ના એનોડ-કેથોડ વચ્ચે મળશે.

$$\therefore PIV = 2V_m$$

(5) પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા અથવા રેક્ટીફિકેશનનો દર:

(Efficiency of HWR or Ratio of Rectification):

$$\text{રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા } (\eta) = \frac{\text{લોડ અવરોધમાં મળતી d.c. ઉર્જા}}{\text{ટ્રાન્સફોર્મરના ગૌણ ગૂંચળા માંથી મળતી a.c. ઉર્જા}}$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}}$$

- પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર માટે, $I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$ અને $I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ છે.

$$P_{dc} = I_{dc}^2 \times R_L = \left(\frac{2I_m}{\pi}\right)^2 \times R_L$$

$$\text{અને } P_{ac} = I_{rms}^2 \times (R_f + R_L) = \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 \times (R_f + R_L)$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{\left(\frac{2I_m}{\pi}\right)^2 \times R_L}{\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 \times (R_f + R_L)}$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{8}{\pi^2} \times \frac{R_L}{(R_f + R_L)} = \frac{0.812}{1 + \frac{R_f}{R_L}}$$

- જો $R_L \gg R_f$ તો $\eta = 0.812$ (રેક્ટીફિકેશન દર) એટલે કે ટકાવારીમાં 81.2 % મળે છે.

- અહીં નોંધી શકાય કે અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર ની કાર્યક્ષમતા (0.406) કરતા પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર ની કાર્યક્ષમતા (0.812) બમણી મળે છે. એટલે કે કાર્યક્ષમતા 5બલ છે.

(6) રીપલ ફેક્ટર / રીપલ અંક: (Ripple Factor)

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = \frac{\text{આઉટપુટમાં મળતા a.c. વોલ્ટેજ અથવા પ્રવાહ નું RMS મુલ્ય}}{\text{d.c. વોલ્ટેજ અથવા પ્રવાહ નું મુલ્ય}}$$

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = \frac{I_{rms}}{I_{dc}}$$

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2 - 1}$$

- પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર માટે, $I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$ અને $I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ છે.

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = \sqrt{\left[\frac{I_m/\sqrt{2}}{2I_m/\pi}\right]^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{\pi^2}{8}\right) - 1}$$

$$\text{રીપલ અંક}(\gamma) = 0.482 \text{ or } \gamma = 48.2 \% \text{ (ટકાવારીમાં)}$$

- અહીં નોંધી શકાય કે અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરમાં મળતા રીપલ અંક (1.21) કરતા પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયરમાં રીપલ અંક અર્ધો (0.482) મળે છે. એટલે કે γ નું મુલ્ય નીચું જતા રેક્ટીફિકેશન ખુબજ સારું (બમણું) મળ્યું કહેવાય.

➤ ટ્રાન્સફોર્મર ઉપયોગીતા અંક :

(Transformer Utilization Factor – TUF)

- પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયરમાં સરેરાસ TUF પ્રાથમિક ગૂંચળા માટે અને ગૌણ ગૂંચળા માટે અલગથી ગણાય છે.

- અહીં TUF નું મૂલ્ય 0.693 મળે છે. જે અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરના ટ્રાન્સફોર્મર ના TUF (0.287) કરતા જુદો મળે છે.
- સેકન્ડરીના બે ભાગમાં વિરુદ્ધ પ્રવાહ વહેતો હોવાથી dc પ્રવાહની કોર માં સંતૃપ્ત ફ્લક્સનો પ્રશ્ન થતો નથી.

➤ બ્રિજ રેક્ટીફાયર (Bridge Rectifier) :

- મોટાભાગના પાવર સપ્લાયમાં બ્રિજ રેક્ટીફાયર પરિપથનો ઉપયોગ થાય છે.
- બ્રિજ રેક્ટીફાયર એ પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર છે.
- જેમાં બે ને બદલે ચાર ડાયોડનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેમાં સેન્ટર ટેપ ટ્રાન્સફોર્મરની જરૂર પડતી નથી.
- આવા એક બ્રિજ રેક્ટીફાયરનો પરિપથ આકૃતિ -1 માં દર્શાવેલ છે.

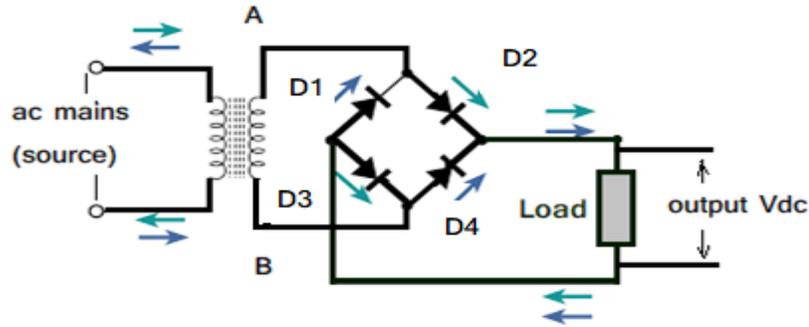


Fig:1 Full Wave Bridge Rectifier Circuit

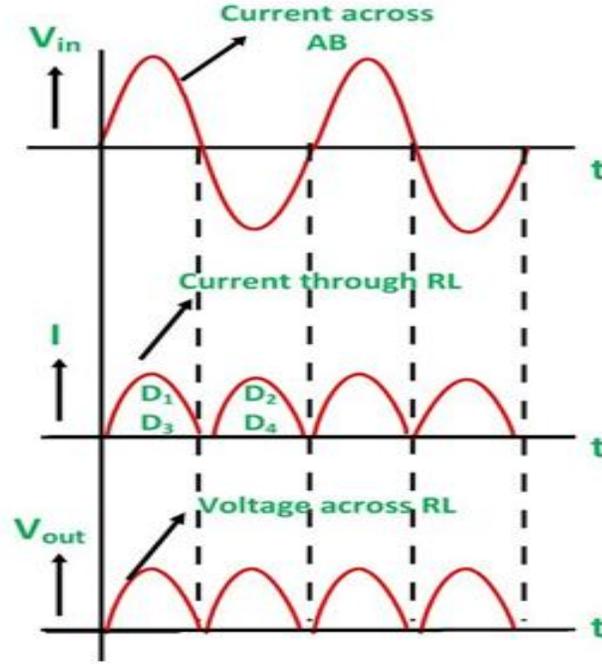


Fig:2 Output waveform

➤ કાર્ય:

- ગૌણ ગૂંચળાના ધન અર્ધચક્ર દરમિયાન ડાયોડ D_2 અને D_3 ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે. અને D_1 અને D_4 રીવર્સબાયસ થાય છે. તેથી લોડપ્રવાહ I_L ગૌણ ગૂંચળા માંથી નીકળી $D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_3$ માંથી પસાર થઈ ને પાછો ગૌણ ગૂંચળામાં આવે છે.
- આ સમય દરમિયાન D_1 અને D_4 માંથી પ્રવાહ વહેતો નથી.
- હવે ઋણ અર્ધચક્ર દરમિયાન ડાયોડ D_1 અને D_4 ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે. અને D_2 અને D_3 રીવર્સબાયસ થાય છે. તેથી લોડપ્રવાહ I_L ગૌણ ગૂંચળા માંથી નીકળી $D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_4$ માંથી પસાર થઈને પાછો ગૌણ ગૂંચળામાં આવે છે.
- આ સમય દરમિયાન D_2 અને D_3 માંથી પ્રવાહ વહેતો નથી.
- અહીં બન્ને કિસ્સામાં લોડ અવરોધ R_L લોડપ્રવાહ I_L એકજ દિશામાં વહે છે. પરિણામે R_L ના બે છેડા વચ્ચેનો આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc} મળે છે. જેના વેવફોર્મ (Fig: 2) માં દર્શાવેલ છે.
- આ આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc} , એ પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર જેવોજ સ્પંદયુક્ત છે.

- અહીં એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે બ્રિજ રેક્ટીફાયરમાં એક સાથે બે ડાયોડ કાર્યાન્વિત થાય છે. જ્યારે પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયરમાં ફક્ત એકજ ડાયોડ કાર્યાન્વિત થાય છે.
- બ્રિજ રેક્ટીફાયરમાં આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc} , એ પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર જેવોજ હોવાથી તેનું ગાણિતીય વિશ્લેષણ પણ સરખુજ મળે છે.

➤ રેક્ટીફાયર પરિપથો વચ્ચેનો તફાવત: (સરખામણી)

ક્રમ	ભૌતિક રાશી	અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર	પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર	બ્રિજ રેક્ટીફાયર
1	ડાયોડની સંખ્યા	1	2	4
2	PIV	V_m	$2V_m$	V_m
3	મહત્તમ લોડપ્રવાહ (I_m)	$\frac{V_m}{R_f + R_L + R_S}$	$\frac{V_m}{R_f + R_L + R_S}$	$\frac{V_m}{R_f + R_L + R_S}$
4	I_{rms}	$\frac{I_m}{2}$	$\frac{I_m}{\sqrt{2}}$	$\frac{I_m}{\sqrt{2}}$

5	dc પ્રવાહ I_{dc}	$\frac{I_m}{\pi}$	$\frac{2I_m}{\pi}$	$\frac{2I_m}{\pi}$
6	dc આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc} ($I_{dc} = 0$)	$\frac{V_m}{\pi}$	$\frac{2V_m}{\pi}$	$\frac{2V_m}{\pi}$
7	રીપલ અંક	1.21	0.482	0.482
8	રીપલ આવૃત્તિ	f_i	$2f_i$	$2f_i$
9	કાર્યક્ષમતા	40.6 %	81.2 %	81.2 %

➤ ફિલ્ટર પરિપથો (Filter Circuit) :

- પ્રસ્તાવના (Introduction)
- એકદીશકારક ના અભ્યાસ પરથી તારવી શકાયું કે રેક્ટિફાયર પરિપથ વડે એક દિશામાં વધઘટવાળો વિદ્યુત પ્રવાહ મળે છે.
- જેમાં બેટરી જેવો શુદ્ધ dc વોલ્ટેજ મળતો નથી.
- અધરંગ રેક્ટિફાયરમાં રીપલ અંક (સ્પંદઅંક) એટલે કે ac ઘટકોનું પ્રમાણ 121% અને પૂર્ણતરંગ રેક્ટિફાયર તેમજ બ્રિજ રેક્ટિફાયર માં આ પ્રમાણ 48% છે.
- એટલે કે દરેકમાં આઉટપુટ(output) સ્પંદન યુક્ત હોય છે. આવો સ્પંદન યુક્ત dc કોઈપણ ઉપકરણમાં આપતા વિકૃતિ પેદા કરે છે.
- જેથી રેક્ટિફાયરના આઉટપુટમાં મળતા આવા સ્પંદન યુક્ત ac ઘટકોને દૂર કરવા જરૂરી બને છે.
- આમ રેક્ટીફાયર આઉટપુટ સાથે કેપેસીટર અને ઇન્ડક્ટર જેવા ઘટકોનો ઉપયોગ કરી બનાવેલ યોગ્ય પરિપથો નું જોડાણ કરતા ac સ્પંદનો ઘટાડી શકાય છે.

- આવા પરિપથો ને ફિલ્ટર પરિપથો કહે છે. ac ઘટકો માટે ઇન્ડક્ટર નો ઇન્ડક્ટીવ રિએક્ટન્સ (reactance $X_L = \omega L$) ઘણો મોટો હોય છે. અને કેપેસીટર નો કેપેસિટીવ રિએક્ટન્સ ($X_C = 1/\omega C$) ઘણો નાનો હોય છે.
- આ લાક્ષણિકતાનો ઉપયોગ કરી ઇન્ડક્ટર અને કેપેસીટર નો જુદા જુદા જોડાણો દ્વારા સ્પંદ યુક્ત રીપલ વોલ્ટેજ ને દૂર કરી શુદ્ધ dc વોલ્ટેજ મેળવવા માટે જુદા જુદા ફિલ્ટર પરિપથો તૈયાર કરી શકાય છે.
- કેપેસીટર અને ઇન્ડક્ટર(ચોક) ના આવા જોડાણથી જુદા-જુદા ચાર પ્રકારના ફિલ્ટર પરીપથો મળે છે.

- (1) પ્રેરક(ઇન્ડક્ટર) ફિલ્ટર: (Inductor Choke Filter)
- (2) કેપેસીટર ફિલ્ટર: (Capacitor Filter)
- (3) ચોક ઇનપુટ ફિલ્ટર (Choke input Filter) અથવા L-C ફિલ્ટર
- (4) શંટ કેપેસીટર ફિલ્ટર(Capacitor Input Filter) અથવા C-L-C ફિલ્ટર અથવા π સેક્શન ફિલ્ટર.

➤ પ્રેરક ફિલ્ટર: (Inductor Choke Filter)

- આકૃતિ-1 માં દર્શાવ્યા મુજબ ઇન્ડક્ટર(પ્રેરક) ને રેક્ટિફાયર ના output અને લોડ અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે.

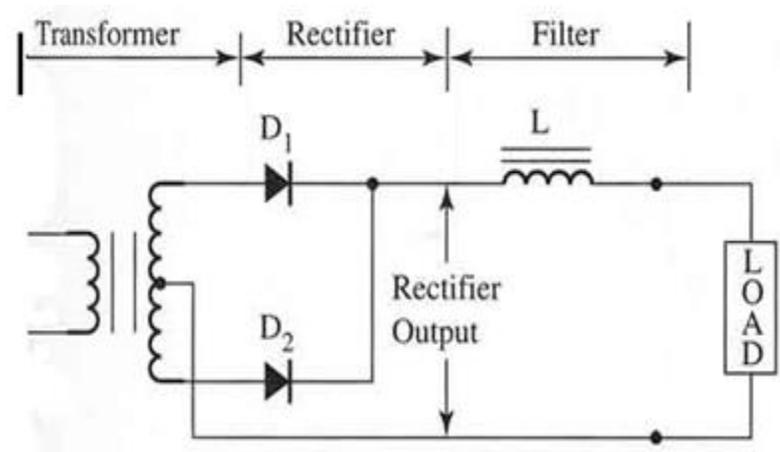


Fig:1 Full –Wave Rectifier with Inductor Filter

- ઇન્ડક્ટર(પ્રેરક) ની લાક્ષણિકતા મુજબ રેક્ટીફિકેશન દ્વારા આઉટપુટમાં મળતી ac વધઘટનો વિરોધ કરે છે, અને તેને અટકાવે છે.
- જ્યારે તેમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ બદલાય છે, ત્યારે ઇન્ડક્ટર માં પ્રતિ વિદ્યુતચાલક બળ (back e.m.f.) ઉત્પન થાય છે.
- જેના કારણે રેક્ટિફાયર ની વધઘટ ને અટકાવે છે, એટલે કે ઇન્ડક્ટર નો ચુંબકીય શક્તિ સ્વરૂપે ઊર્જા સંગ્રહ કરવાના ગુણધર્મ ને લીધે પરિપથમાં સંગ્રહિત ઊર્જા વહેવડાવે છે. બીજી રીતે વિચારીએ તો ac ઘટકો માટે તેનો રિએક્ટન્સ વધે છે.
- જ્યારે dc ઘટકો માટે શૂન્ય થાય છે, તેથી ac ઘટકોને અટકાવે છે. (ac block) કરે છે. જ્યારે dc ઘટકો સરળતાથી પસાર થાય છે.

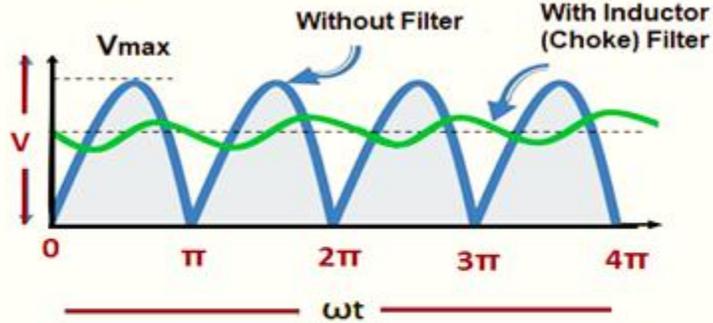


Fig:2 Series Inductor Filter Waveforms

- આકૃતિ-2 પરથી સમજી શકાય છે કે ફિલ્ટર વગર મળતા આઉટપુટ કરતા ઇન્ડક્ટર ફિલ્ટરનું જોડાણ કરવાથી આઉટપુટ વધારે સ્મુથ(Smooth) મળે છે.
- પૂર્ણતરંગ રેક્ટિફાયર સાથે ઇન્ડક્ટર ફિલ્ટર જોડાયા પછી રીપલ અંકમાં મોટો ફેરફાર મળે છે. તે સમજવા પૂર્ણતરંગના આઉટપુટ નું ફોરીયર શ્રેણી મુજબના સમીકરણ પરથી

$$i = \frac{2I_m}{\pi} - \frac{4I_m}{3\pi} \cos 2\omega t \dots \dots (1)$$

અહીં સરળતા ખાતર R_L ની સરખામણી એ R_S અને R_f ને અવગણવામાં આવે છે. તે પછી $I_m = V_m/R_L$ (V_m અહીં V_S ના મહત્તમ (peak) વોલ્ટેજ નથી) પણ L નો અવબાધ (ઈમ્પીડન્સ) અને R_L શ્રેણીમાં હોવાથી $2\omega t$ અને ac ઘટકોની અસરબદલાય છે.

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + 4\omega^2 L^2}$$

- તેથી ac ઘટકો માટે

$$I_m = \frac{V_m}{Z} = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + 4\omega^2 L^2}}$$

તેથી પરિણામી લોડપ્રવાહ

$$i = \frac{2V_m}{\pi R_L} - \frac{4V_m}{3\pi\sqrt{R^2 + 4\omega^2 L^2}} \cos(2\omega t - \phi) \dots \dots (2)$$

જ્યાં ϕ લોડપ્રવાહ અને વોલ્ટેજ વચ્ચેનો કળા તફાવત છે. તે $\phi = \tan^{-1} \frac{2\omega L}{R_L}$

➤ પ્રેરક ફિલ્ટર પરિપથ માં રીપલ ફેક્ટર (સ્પંદઅંક):

(Ripple Factor for Inductor Choke Filter)

- લોડઅવરોધ માં મળતા ac પ્રવાહનું rms મૂલ્ય dc પ્રવાહના મૂલ્યના ગુણોત્તરને રીપલ ફેક્ટર(સ્પંદ અંક) કહે છે.

$$\gamma = \frac{I_r \text{ rms}}{I_{dc}} = \frac{\frac{4V_m}{3\pi\sqrt{2} \sqrt{R_L^2 + 4\omega^2 L^2}}}{\frac{2V_m}{\pi R_L}}$$

$$\gamma = \frac{2}{3\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4\omega^2 L^2}{R_L^2}}} \dots \dots \dots (1)$$

અહીં $\frac{4\omega^2 L^2}{R_L^2} \gg 1$ માટે સાદુરૂપ આપતા

$$\gamma = \frac{R_L}{3\sqrt{2}\omega L} \dots \dots \dots (2)$$

- જો ac સપ્લાયની આવૃત્તિ $f = 50 \text{ Hz}$ અને L હેન્રીમાં અને R_L ઓહ્મ માં હોય તો,

$$\text{રીપલ ફેક્ટર(સ્પંદ અંક)} = \gamma = \frac{R_L}{1333L}$$

- આ સમીકરણ પરથી કહી શકાય કે ઇન્ડક્ટર ફિલ્ટરમાં L નું મૂલ્ય વધુ લેતા રીપલ ઘટે છે. અને સાથે-સાથે લોડપ્રવાહ ઘટતા (R_L નું મૂલ્ય વધતા) રીપલ (સ્પંદ) વધે છે.
- આ સમીકરણ મુજબ જો R_L અનંત હોય એટલે કે નો-લોડ(No Load) વખતે રીપલ અંક ની કિંમત,

$$\gamma = \frac{2}{3\sqrt{2}} = 0.471$$

- આ મૂલ્ય પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર માં મળતા રીપલ અંક ના મૂલ્ય 0.482 ની નજીક છે. આથી તારણ કાઢી શકાય કે જ્યારે R_L નું મૂલ્ય નાનું હોય, જેથી લોડ પ્રવાહ ઉંચો મેળવવાનો હોય ત્યારે ઇન્ડક્ટર(પ્રેરક) ફિલ્ટર વધુ અસરકારક સાબિત થાય છે.

➤ **પ્રેરક ફિલ્ટર પરિપથ માં DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{dc}) :**
(DC Output Voltage V_{dc} for Inductor Choke Filter)

- પરિપથમાં dc આઉટપુટ વોલ્ટેજ $V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$ છે. જે $I_{dc} \cdot R_L$ પરથી મેળવાય છે. પરંતુ અહીં આ ત્યારેજ શક્ય બને છે કે જ્યારે ઇન્ડક્ટર નો અવરોધ શૂન્ય હોય. પરંતુ ઇન્ડક્ટર નો અવરોધ સામાન્ય રીતે અવગણી શકાય નહીં.

- તેથી $V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} \cdot \frac{R_L}{R_L+R}$ જ્યાં, $R = R_S + R_f + R'$

Where $R' = \text{Inductor's Resistor}$

તેથી, $V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} - I_{dc} \cdot R$

- આ સમીકરણ પરથી કહી શકાય કે જેમ ઇન્ડક્ટરનો અવરોધ ઉંચો તેમ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન નીચું એટલે કે પરીપથમાં ઇન્ડક્ટર જોડતા આઉટપુટ વોલ્ટેજ ઘટે છે.

➤ કેપેસિટર ફિલ્ટર (શંટ કેપેસિટર ફિલ્ટર): (Capacitor Filter)

- કેપેસિટર ફિલ્ટર પરિપથ સામાન્ય વ્યવહારમાં બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે.
- આકૃતિ-1 માં દર્શાવ્યા મુજબ કેપેસિટરને રેક્ટિફાયર ના **output** સાથે સમાંતરમાં જોડી લોડ અવરોધ R_L સમાંતર જોડાય છે.

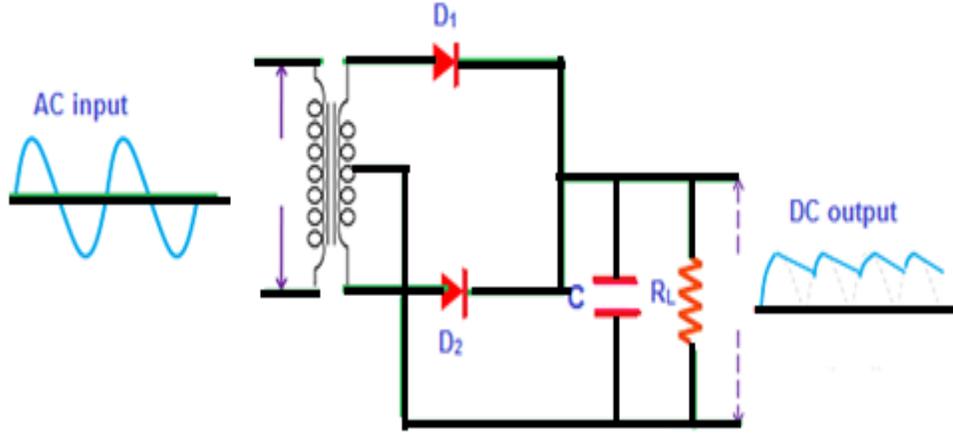


Fig:1 Full wave rectifier with capacitor filter

- પરિપથમાંથી વહેતા ac ઘટકો માટે કેપેસિટરનો રીએક્ટન્સ ઘણો ઓછો હોય છે.
 - જ્યારે dc ઘટકો માટે તે અનંત છે.
 - જેથી ઘટકો કેપેસિટરમાં સોર્ટ થાય છે. જ્યારે dc ઘટકો R_L માંથી પસાર થાય છે.
 - બીજી રીતે કહીએ તો કેપેસિટર ના વીજક્ષેત્ર સ્વરૂપે ઉર્જા સંગ્રહવાનો ગુણધર્મ **output** ને સ્મુધ (**smooth**) બનાવે છે.
 - જેમાં તે દરેક વધઘટે ચાર્જિંગ અને ડિસ્ચાર્જ થઈ લોડઅવરોધ R_L ને સમાંતર વધઘટ ઘટાડે છે.
 - આમ કેપેસિટર રેકટીફાયર ના આઉટપુટના મહત્તમ મુલ્ય V_m સુધી ચાર્જ થાય છે.
 - જ્યારે વોલ્ટેજ ઘટે ત્યારે R_L માં ડિસ્ચાર્જ થઈ રીપલ ઘટાડે છે.
 - અહીં આઉટપુટમાં વોલ્ટેજ નું મૂલ્ય લગભગ V_m જેટલું જળવાય રહે છે.
- કેપેસિટર ફિલ્ટર માટે રીપલ અંક: (Ripple Factor)

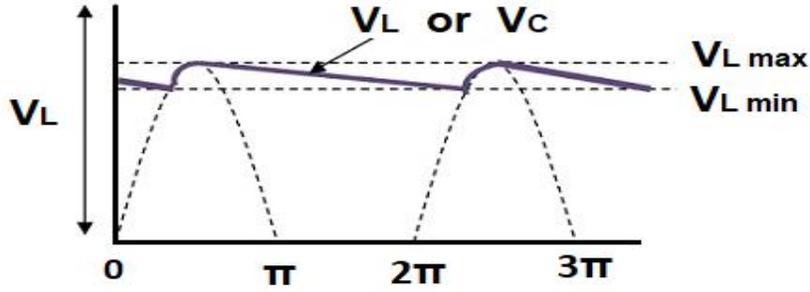


Fig:2 Shunt Capacitor Filter and its Waveforms

- આકૃતિ-2 માં કેપેસીટર માટે ચાર્જિંગ અને ડિસ્ચાર્જિંગ ની સમજ દર્શાવતા તરંગો દર્શાવ્યા છે.
- સામાન્ય રીતે કેપેસીટર નો ચાર્જિંગ સમય ક્ષણિક હોય છે. જ્યારે ડિસ્ચાર્જ સમય ઘણો જ મોટો હોય છે.
- અહીં T_1 જેટલા ટૂંકા ગાળામાં કેપેસીટર ચાર્જ થાય છે અને T_2 સમય સુધી ડિસ્ચાર્જ થાય છે.
- આ દરમિયાન કેપેસીટરમાં ચાર્જના ફેરફાર પરથી

$$Q \text{ discharge} = I_{dc} \times T_2$$

- આટલો જ ચાર્જ કેપેસીટર T_1 સમયમાં મેળવે છે.

$$Q \text{ charge} = V_{r \text{ p-p}} \times C \quad (\because Q = VC)$$

- કેપેસીટર માટે $Q \text{ charge} = Q \text{ discharge}$

$$V_{r \text{ p-p}} \times C = I_{dc} \times T_2$$

$$V_{r \text{ p-p}} = I_{dc} \times \frac{T_2}{C} \dots \dots \dots (1)$$

પરંતુ

$$T_1 + T_2 = \frac{T}{2} \text{ but } T_1 \ll T_2 \therefore T_2 = \frac{T}{2} \text{ \& } V_{r \text{ p-p}} = \frac{I_{dc}}{2fC}$$

- કેપેસીટર ના આઉટપુટ વોલ્ટેજનું rms મૂલ્ય

$$V_{r \text{ rms}} = \frac{V_{r \text{ p-p}}}{2\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2)$$

- ઉપરના સમીકરણ (2) માં , સમીકરણ (1) ની કિંમત લેતા, તથા $T_2 = \frac{T}{2}$ મુક્તા

$$V_{r \text{ rms}} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3} fC} = \frac{V_{dc}}{4\sqrt{3} fR_L C} \dots \dots \dots (3)$$

- રીપલ અંક (વ્યાખ્યા પરથી)

$$\gamma = \frac{V_r \text{ rms}}{V_{dc}} = \frac{1}{4\sqrt{3} f R_L C} \dots \dots (4)$$

for $f = 50 \text{ Hz}$, & we take C in μF & R_L in ohms unit, then $\gamma = \frac{2890}{R_L C} \dots \dots (5)$

- રીપલ અંક ના સમીકરણ પરથી કહી શકાય કે C નું મૂલ્ય વધારતા રીપલ (સ્પંદ) ઘટે છે. અને R_L વધારતા (લોડપ્રવાહ ઘટતા) રીપલ અંક γ ઘટે છે.
- આમ કેપેસીટર ફિલ્ટર ફિલ્ટર નીચા લોડપ્રવાહ માટે અસરકારક છે.

(MCQ)

➤ કેપેસીટર ફિલ્ટર માટે DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ (V_{dc}) :
(DC Output Voltage for Capacitor Filter):

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_r \text{ p-p}}{2}, \quad V_r \text{ p-p} = \frac{I_{dc}}{2fC} \quad \& \quad I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$$

$$V_{dc} = V_m - \frac{I_{dc}}{4fC} = \left[\frac{4fR_L C}{4fR_L C + 1} \right] \cdot V_m$$

- આ પરથી કહી શકાય કે C અને R_L વધતા રીપલ ઘટે છે.

➤ ચોક ઈનપુટ ફિલ્ટર અથવા L-C ફિલ્ટર (L-સેક્શન ફિલ્ટર) :
(Choke Input Filter or L-C Filter or L-Section Filter)

- ઇન્કટર ફિલ્ટરમાં આપણે સમજ્યા કે લોડઅવરોધ R_L ના વધારા સાથે રીપલમાં વધારો થાય છે.
- જ્યારે કેપેસિટર ફિલ્ટરમાં લોડઅવરોધ R_L ના વધારા સાથે રીપલમાં ઘટાડો થાય છે.
- પરંતુ ઇન્કટર ફિલ્ટર અને કેપેસિટર ફિલ્ટર ને એક સાથે જોડતા બનતુ ફિલ્ટર ચોક ઈનપુટ ફિલ્ટર અથવા L-C ફિલ્ટર અથવા L- સેક્સન ફિલ્ટર કહે છે.
- L- સેક્સન ફિલ્ટરમાં રીપલ,એ લોડ અવરોધ R_L થી સ્વતંત્ર રહે છે.
- આકૃતિ-1માં L-C ફિલ્ટર નું જોડાણ, પૂર્ણતરંગ રેક્ટિફાયરના આઉટપુટ ટર્મિનલ સાથે જોડવા નો ભાગ દર્શાવ્યો છે.

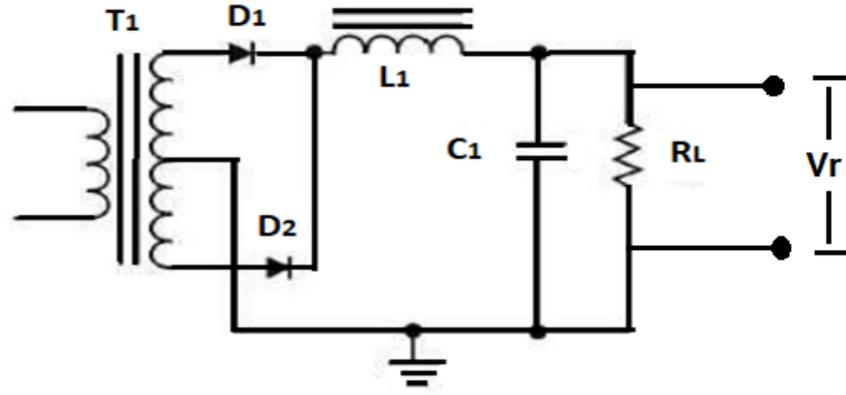


Fig: 1 Choke Input Filter or L-C Filter or L-Section Filter

- પૂર્ણ તરંગ રેક્ટિફાયર ના આઉટ પુટ વોલ્ટેજ માં મળતા ac ઘટકો નું મૂલ્ય $V_{dc} = V_{rms} = \frac{\sqrt{2}}{3} V_{dc}$ જેટલું હોય છે.

- L-C ફિલ્ટર ના આઉટપુટમાં મળતા દેશી ઘટકોનું ac ઘટકોનું rms મૂલ્ય

$$V_{r\ rms} = V_{rms} \times (\text{ફિલ્ટર નેટવર્ક નો ઈમ્પીડન્સ})$$

- ચોક ઈનપુટ ફિલ્ટર અથવા L-C ફિલ્ટર માટે રીપલ અંક:
(Ripple Factor for Choke Input or L-C Filter)

- રીપલ પ્રવાહ ઇન્કટર(L) માં સરળતાથી પસાર થતા નથી તેથી ઇન્કટર(L), R_L ને સમાંતર રીપલ વોલ્ટેજ ઘટાડે છે.
- અહીં કેપેસીટર નો રીએક્ટન્સ રીપલ આવૃત્તિ માટે R_L માં મળતી રીપલ આવૃત્તિ કરતા નાનો હોય છે. તેથી L-C ફિલ્ટર ડીઝાઇન કરવા માટે,

$$X_C \ll R_L \text{ \& } X_L \gg X_C \quad \text{when } 2\omega = 4\pi f$$

- તેથી ,

$$V_{r\ rms} = V_{rms} \cdot \frac{X_C \parallel R_L}{X_L + (X_C \parallel R_L)} \quad \text{માં } X_C \parallel R_L \text{ થાય}$$

$$V_{r\ rms} = V_{rms} \cdot \frac{X_C}{(X_C \parallel R_L)} = V_{rms} \cdot \frac{X_C}{X_L} \quad , \quad \text{But } V_{rms} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot V_{dc} \text{ મુકત્ત}$$

$$V_{r\ rms} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{X_C}{X_L} \cdot V_{dc}$$

- રીપલ અંક ની વ્યાખ્યા મુજબ ,

$$\gamma = \frac{V_{r\ rms}}{V_{dc}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{X_C}{X_L}$$

- પરંતુ $X_C = \frac{1}{2\omega C}$ & $X_L = 2\omega L$

$$\gamma = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{1}{2\omega C} \cdot \frac{1}{2\omega L} = \frac{\sqrt{2}}{12} \cdot \frac{1}{\omega^2 LC}$$

- જ્યારે

$$f = 50 \text{ Hz} \quad \text{ત્યારે } \gamma = \frac{1.195}{LC}$$

- અહીં, ઇન્કટર (L), હેનરી(H)માં અને કેપેસીટર (C) ને μF માં લેવામાં આવે છે. ઉપરના સમીકરણ પરથી કહી શકાય કે **L-C Filter** માં રીપલ અંક R_L થી સ્વતંત્ર છે. તે ફક્ત L અને C ના મુલ્યો વધારી ઘટાડી શકાય છે.

➤ ક્રાંતિક ઇન્કટન્સ (અવબાધ) નું મૂલ્ય:
(Value of Critical Inductance)

- ફિલ્ટર પરિપથમાં વપરાતા ઇન્ડક્ટર ના ઇન્ડક્ટન્સ(inductance) ના મૂલ્યો એવા પસંદ કરવા જોઈએ કે જેથી તેમાંથી વહેતો કુલ પ્રવાહ ક્યારેય શૂન્ય ન થાય અને મહત્તમ dc પ્રવાહ ઇન્ડક્ટર માંથી બહાર આવે.
- આ માટે L-C ફિલ્ટર માં L નું મૂલ્ય એવું પસંદ કરવું જોઈએ કે જેથી નીચામાં નીચો રીપલ મળે અને વધુમાં વધુ dc પ્રવાહ મળે.
- તે માટે જરૂરી ઇન્ડક્ટરના ઇન્ડક્ટન્સ(inductance) ના મૂલ્યને ક્રિટિકલ ઇન્ડક્ટન્સ(Critical inductance) કહે છે.
- આ સ્થિતિમાં dc પ્રવાહ $I_{dc} = V_{dc}/R_L$ મળે ત્યારે મળતા ac ઘટકોનું પીક મૂલ્ય $4V_m/3\pi X_L$ હોય છે. અથવા I_{dc} અને ac ઘટકોની રૂણ પીક(Peak) થી વધુ પર જ રહેવું જોઈએ.

$$I_{dc} \geq I_{ac}$$

$$\frac{V_{dc}}{R_L} \geq \frac{4V_m}{3\pi X_L}$$

$$\frac{V_{dc}}{R_L} \geq \frac{2V_m}{\pi} \cdot \frac{2}{3X_L} \quad \text{but} \quad \frac{2V_m}{\pi} = V_{dc}$$

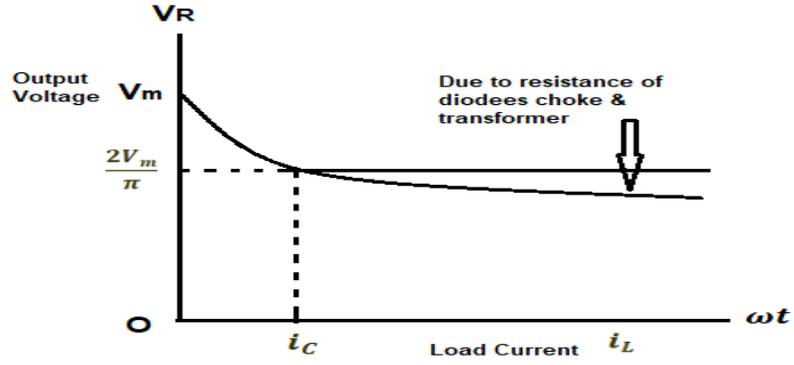
$$\frac{V_{dc}}{R_L} \geq \frac{2}{3X_L} \cdot V_{dc}$$

$$\therefore X_L \geq \frac{2}{3} \cdot R_L \quad \text{but} \quad X_L = 2\omega L_C$$

$$L_C \geq \frac{R_L}{3\omega}$$

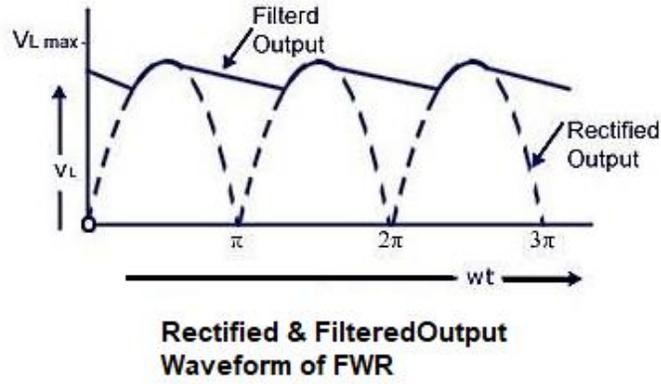
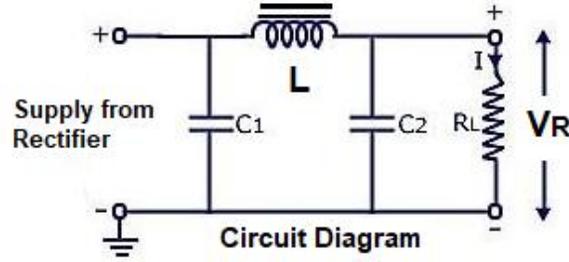
$$\text{for } f = 50 \text{ Hz frequency} \quad L_C \geq \frac{R_L}{942}$$

- આ પરિણામ પરથી તારવી શકાય કે R_L ઘટે ત્યારે L_C ઘટે તેનો અર્થ કે ચોક ઇન્ડક્ટન્સ નું મૂલ્ય નો-લોડ વખતે મહત્તમ બને અને જેમ જેમ dc load પ્રવાહ વધે છે. તેમ તેમ ઘટાડા તરફ જાય છે.



- આમ ચોક (ઇન્ડક્ટર) કે જેનો રીએક્ટન્સ **dc** પ્રવાહનો વધારા સાથે ઘટે છે. તેને સ્વીગીંગ ચોક કહે છે. દાખલા તરીકે 0 પ્રવાહે ઇન્ડક્ટર નો ઇન્ડક્ટન્સ 30 હેન્રી હોય પણ જેવો **dc** પ્રવાહ શું ૧૦૦ મિલી એમ્પીયર થતા તે ફક્ત 4 હેન્રી થાય.
- ખરેખર તે સારી બાબત છે કે 100 મિલી એમ્પીયર **dc** પ્રવાહ એ 30 હેન્રી ઇન્ડક્ટન્સ રાખવું, પરંતુ તે ખૂબ જ મોટું અને મોંઘું થઈ જાય છે. કારણ કે તેમાં મોટા કોર મધ્યમ (આયન) ની જરૂર પડે છે. કે જે વધુ મૂલ્ય ના સંતૃપ્ત મૂલ્યને અવગણી શકે.
- આકૃતિમાં આઉટપુટ વોલ્ટેજ વિરુદ્ધ લોડપ્રવાહનો આલેખ દર્શાવેલ છે.
- જ્યારે પરિપથ નો-લોડ સ્થિતિમાં હોય ત્યારે આઉટપુટ વોલ્ટેજ મહત્તમ V_m મળે અને તરત જ સામાન્ય નાના લોડપ્રવાહે ઇન્ડક્ટર ના કારણે વોલ્ટેજ $2V_m/\pi$ મળે.
- જ્યારે ઇન્ડક્ટર ક્રાંતિક મૂલ્ય કરતા થોડું મોટું હોય અથવા સ્વીગીંગ ચોક નો ઉપયોગ થતો હોય અથવા તેની સાથે બ્લીડર અવરોધ (Bleeder Resistance) ને કેપેસીટર C ને સમાંતર જોડ્યા છે.
- જેના કારણે પરિપથમાં લોડઅવરોધ ને દૂર કરતી વખતે અથવા બદલતી વખતે ઇન્ડક્ટર માં ઓછામાં ઓછો થોડોક પ્રવાહ વહે છે. જેથી લોડવોલ્ટેજ નો જંપ તાળી શકાય છે. જ્યારે લોડ દૂર થાય ત્યારે $R_b \leq 900L_{max}$
- આમ બ્લીડર અવરોધના જોડાણથી આઉટપુટ વોલ્ટેજ નું સાચું નિયમન (Voltage Regulation) થાય છે. અને પાવર સપ્લાયને જ્યારે બંધ કરવામાં આવે ત્યારે કેપેસીટર બ્લીડર અવરોધ મારફતે ડિસ્ચાર્જ થઈ શકે છે. પરંતુ બ્લીડર અવરોધને જોડવાથી તેનો ગેરફાયદો એ છે કે R_b માં સતત ઊર્જાનો વ્યય થાય છે.

➤ કેપેસિટર ઈનપુટ ફિલ્ટર (CLC Filter or π - Filter)



- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ એક કેપેસિટરને L-C ફિલ્ટર સાથે જોડવાથી C-L-C ફિલ્ટર મળે છે.
- જેનો આકાર π - જેવો હોવાથી તેને π - સેક્સન ફિલ્ટર પણ કહે છે.
- અહી પ્રથમ કેપેસિટર C1 નું મૂલ્ય એવું લેવામાં આવે છે કે જેથી તેમાંથી પસાર થતા રીપલ યુક્ત રેક્ટીફાઈડ આઉટપુટ માંથી મોટા ભાગના રીપલ ફિલ્ટર થઈ જાય.
- હવે C1 માં ફિલ્ટર ન થઈ શકેલ ફરીથી L-C ફિલ્ટર ના L અને C2 દ્વારા દૂર થાય છે.
- આ ફિલ્ટર નો રીપલ અંક નીચે મુજબ ગણી શકાય છે.

રીપલ અંક (γ_{π}) = (કેપેસિટર ફિલ્ટર નો રીપલ અંક (γ_{C1})) \cdot (L - C2 ફિલ્ટર નો રીપલ અંક γ_{LC2})

$$\gamma_{C1} = \frac{1}{4\sqrt{3} f R_L C_1} \quad \& \quad \gamma_{LC2} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{X_{C2}}{X_L}$$

$$\gamma_{\pi} = \frac{1}{4\sqrt{3} f R_L C_1} \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{X_{C2}}{X_L}$$

$$\gamma_{\pi} = \frac{\pi}{\sqrt{3}(2 \times 2\pi f C_1) R_L} \times \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{X_{C2}}{X_L}$$

$$\text{But } \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\omega C_1} = X_{C1}$$

$$V_{\pi} = \frac{\sqrt{2} \pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{X_{C1}}{R_L} \cdot \frac{X_{C2}}{X_L}$$

- ઈનપુટ કેપેસિટર C_1 જ્યારે ચાર્જ અને ડિસ્ચાર્જ થાય છે ત્યારે તે ત્રિકોણ આકારના તરંગો ઉત્પન્ન કરે છે અને આ તરંગો L-C ફિલ્ટર માટે ઈનપુટ વોલ્ટેજ બને છે.
- આ તરંગોને ધ્યાનમાં લઈ રીપલ અંક માટે તેનું વિશ્લેષણ કરવામાં આવે તો આપણને તેનું સાચું મૂલ્ય મળે છે, જે નીચે મુજબ છે.

$$V_{\pi} = \sqrt{2} \frac{X_{C1}}{X_L} \cdot \frac{X_{C2}}{R_L}$$

But

$$X_{C1} = \frac{1}{2\omega C_1} ; X_{C2} = \frac{1}{2\omega C_2} \quad \& \quad X_L = 2\omega L$$

$$V_{\pi} = \sqrt{2} \cdot \frac{1}{8\omega^3 C_1 C_2 L R_L}$$

- જો આવૃત્તિ $f = 50 \text{ Hz}$ હોય તો,

$$V_{\pi} = \frac{5700}{C_1 C_2 L R_L}$$

- અહીં C_1 & C_2 in μF & L in Henry & R_L in ohms unit
- π - ફિલ્ટરના આઉટપુટ વોલ્ટેજ , V_m ની નજીક હોય છે. જે L-C ફિલ્ટરના આઉટપુટ કરતા વધારે છે, પરંતુ π - ફિલ્ટરનું વોલ્ટેજ નિયમન નબળું (poor) છે. (MCQ)
- જ્યારે લોડપ્રવાહનું મૂલ્ય ઘણું ઓછું હોય ત્યારે પરીપથમાં ઇન્ડક્ટરને બદલે અવરોધ પણ જોડી શકાય છે.
- જ્યારે લોડપ્રવાહનું મૂલ્ય ઘણું ઓછું હોય ત્યારે પરીપથમાં ઇન્ડક્ટરને બદલે અવરોધ પણ જોડી શકાય છે.
- આ અવરોધનું મૂલ્ય, ઇન્ડક્ટરના ઇન્ડક્ટીવ રીએક્ટન્સ જેટલું હોવું જોઈએ.
- આ પ્રકારના ફિલ્ટરને C-R-C ફિલ્ટર પણ કહે છે.
- આ કિસ્સામાં રીપલ અંક નીચે મુજબ આપી શકાય.

$$V_{\pi} = \sqrt{2} \cdot \frac{X_{C1} \cdot X_{C2}}{R \cdot R_L}$$