HNGU-Patan, B.Sc. Sem -1, Paper CC-PHY-101,
(In force from July-2020)

UNIT-4 Rectifier and Filter Circuits :

Rectifier :

The Half Wave Rectifier (2.2), Voltage Regulation (2.3), Ripple Factor (2.4), Ratio of Rectification (2.5), Transformer utilization factor (2.6), Disadvantage of Half Wave Rectifier (2.7), The Full Wave Rectifier (2.8), The Bridge Rectifier (2.9), Comparison of Rectifier Circuit (2.11),

Filter Circuits :

The Inductor Filter (3.1), Experimental Determination of Ripple Factor (3.2), The Capacitor Filtor (3.3), Ripple Factor (Approximate method (3.4), Ripple Factor (Accurate method) (3.5), Effect of Capacitor Series Resistance (3.7), The Choke input Filter (3.9), Ripple factor in LC filter (3.10), Value of critical inductance (3.11), The CLC filter (3.13), Cooperation of filter circuits (3.14),

Zener Diode:

Zener diode and its characteristics (6.1), The Voltage regulation circuit (6.3), Effect of Temperature on Zener diode (6.7), Related Examples & Problem

Basic Reference Book:

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.**

A. R. Saradva

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 તત્વો એ વિદ્યુત સુવાહકો છે. (જેવાકે આલ્કલી, ઉમદા, તથા એલ્યુમિનિયમ સમૂહ)
  - આ ધાતુ તત્વોમાં ઇલેક્ટ્રોન ને લીધે સહેલાઇ 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.

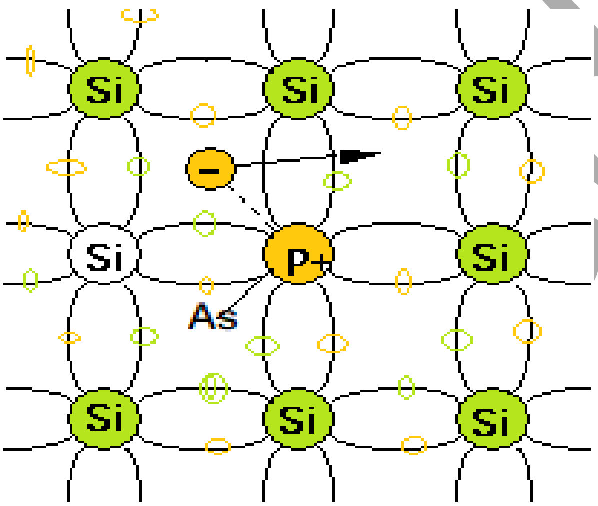
- **વિદ્યુત અવાહકો : (Non-Conductor)**
  - આવર્ત કોષ્ટકના છેલ્લા ત્રણ સમૂહમાં આવેલા અધાતુ તત્વો એ વિદ્યુત ના અવાહકો છે.
  - આવા પદાર્થોમાં મુક્ત ઇલેક્ટ્રોન હોતા નથી.
  - તેથી તેમનો વિદ્યુત અવરોધ ખૂબ જ મોટો હોય છે. એટલે કે તેમની વિદ્યુત અવરોધકતા ખુબજ ઊંચી હોય છે.
  - જ્યારે તેમની વિદ્યુત વાહકતા ખૂબ જ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

- **અર્ધવાહકો : (Semi-Conductor)**
  - આવર્ત કોષ્ટકના ચોથા સમૂહ માં આવેલ તત્વો જેવા કે સિલિકોન (Si), જર્મેનિયમ (Ge) વગેરેની વિદ્યુત અવરોધકતા, ધાતુ તત્વો કરતાં વધારે પરંતુ અધાતુ તત્વો કરતા ઓછી હોય છે.
  - આવા તત્વો 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 ઈલેક્ટ્રોન અને હોલ ને કારણે થાય છે.
  - અર્ધવાહકો શુદ્ધ સ્વરૂપમાં નિરપેક્ષ શૂન્ય તાપમાને લગભગ અવાહક તરીકે વર્તે છે.

A. R. Saradva

- 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:**

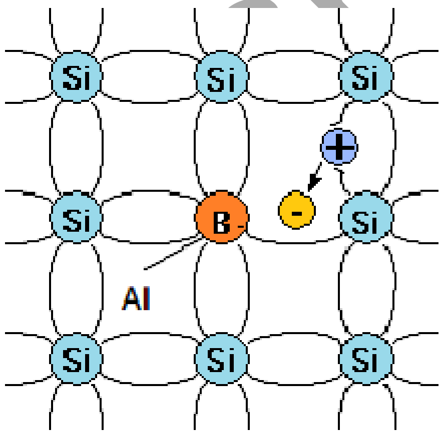


- શુદ્ધ અર્ધવાહકમાં યોગ્ય અશુદ્ધિ ઉમેરતા તેમની વાહકતામાં મોટા પ્રમાણમાં ફેરફાર કરી શકાય છે.
- સિલિકોન(Si) અથવા જર્મેનિયમ(Ge) માં જ્યારે પેન્ટાવેલેન્ટ એન્ટિમની અથવા આર્સેનિક જેવી અશુધ્ધિ (impurity) રૂપે ઉમેરતા,
- આર્સેનિક(As) પરમાણુના ૫ વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન પૈકી ૪ ઇલેક્ટ્રોન જર્મેનિયમ અથવા સિલિકોન સાથે 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 થઇ 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.

A.R. Saradva

- 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 સ્ફટિકમા 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 ટ્રાયવેલેન્ટ (trivalent) અશુદ્ધિ ઉમેરતા,
- એલ્યુમિનિયમ (Al) ના ત્રણ પરમાણુ, એ સિલિકોન(Si) કે જર્મેનિયમ(Ge) ના ચાર વેલેન્સ ઈલેક્ટ્રોન 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.

A. R. Saradva

- 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:

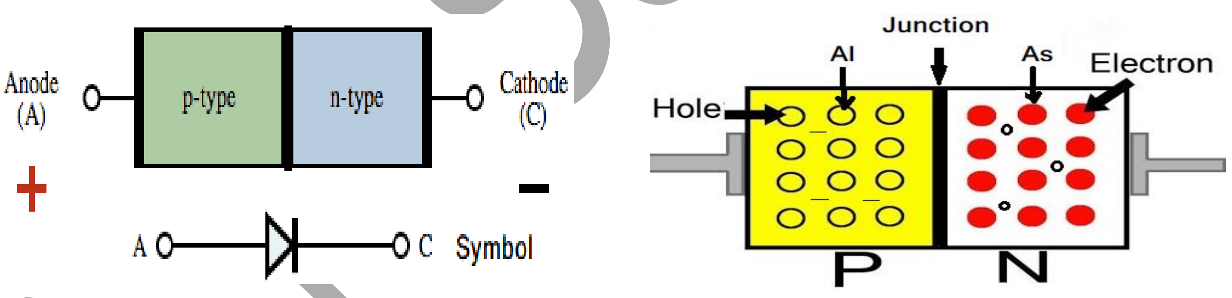
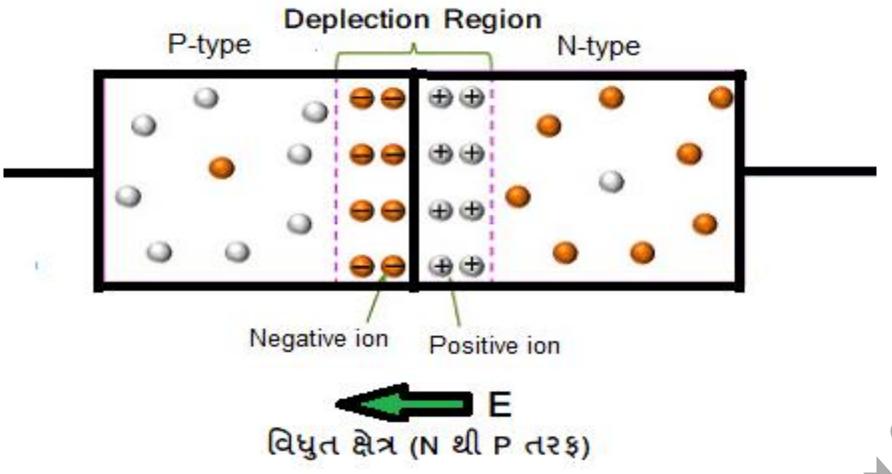


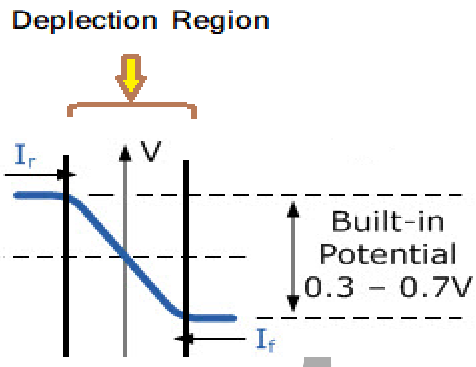
Fig:1 P-N Junction diode & Symbol

- **P-type** અને **N-type** સેમીકંડકટર ને એકબીજા સાથે સંપર્ક માં રાખીને લગભગ 600 ^{0} 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 ઈલેક્ટ્રોન (Minority) ચાર્જ કેરીયર છે.
- જ્યારે **N-type** સ્ફટિકમાં As પરમાણુ (Mejority) તથા હોલ (Minority) ચાર્જ કેરીયર છે.

A. Saradva



(Fig:2-a)



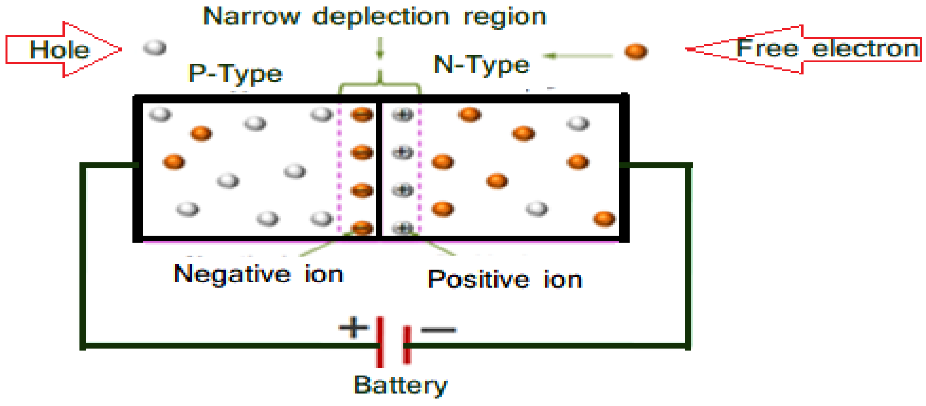
(Fig:2-b)

- **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 વિધુત સ્થિતિમાન સ્થપાય છે, અને N વિભાગમાં ધન વિધુત સ્થિતિમાન સ્થપાય છે.

- વિધુત સ્થિતિમાન વિરુધ્ધ 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)**

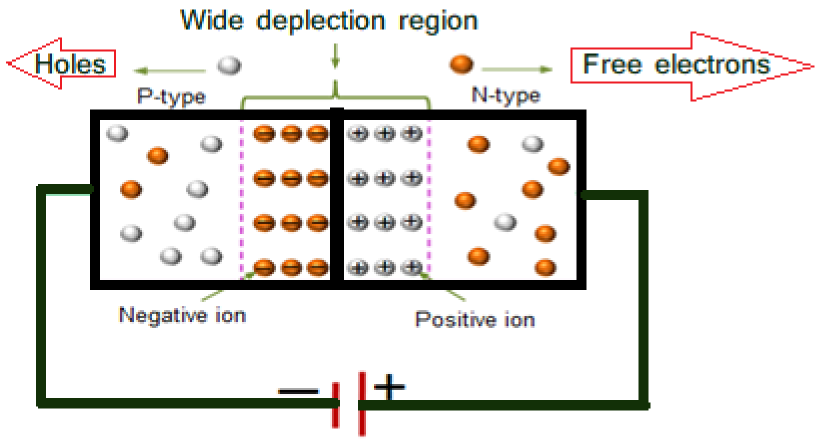


Forward bias

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

A. Saradva

- **રીવર્સ બાયસ જોડાણ : (Reverse Bias)**



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.
- અહી બેટરીનું વિધુતક્ષેત્ર (E) અને ડેપ્લેશન સ્તર નું વિધુતક્ષેત્ર 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:

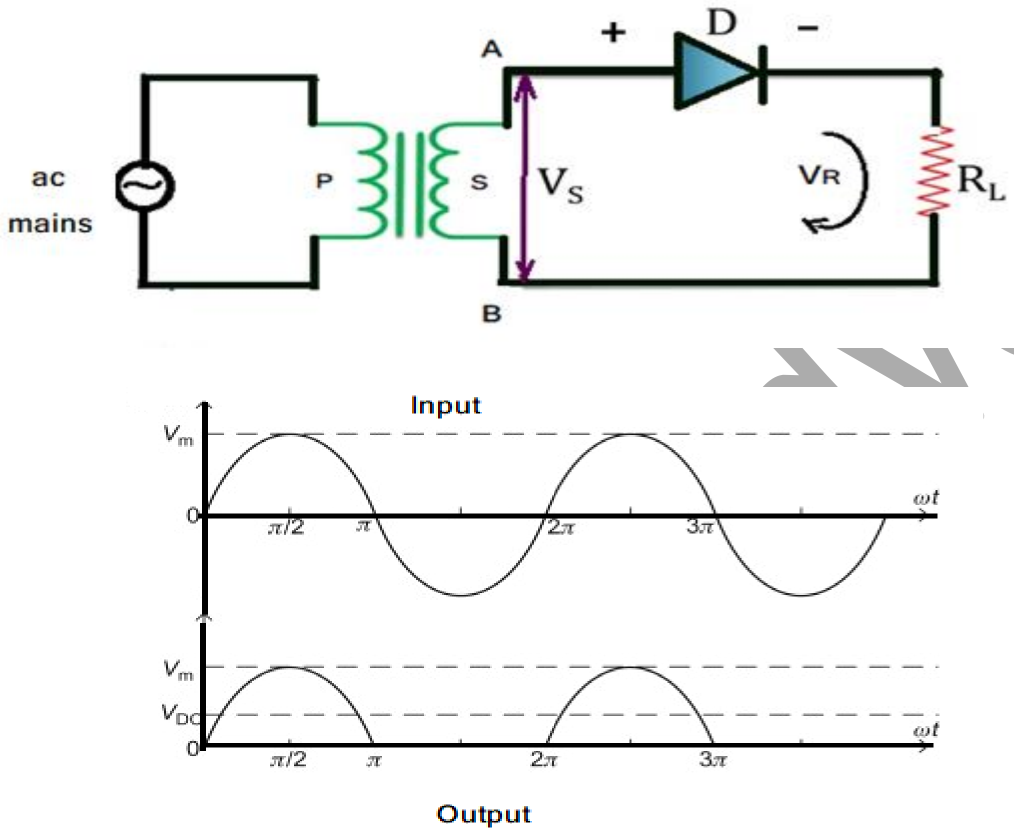
Introduction (પ્રસ્તાવના) :

- ઈલેક્ટ્રીક 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 રેકટીફાયર અને ફિલ્ટર પરિપથનો ઉપયોગ થાય છે.

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

A.R. Saradva

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



(Fig:1 Half Wave Rectifier)

- અર્ધતરંગ રેકટીફાયર નો પરિપથ fig-1 માં દર્શાવેલ છે.
- ટ્રાન્સફોર્મર ના પ્રાથમિક ગૂંચળાને a.c. mains વોલ્ટેજ આપવામાં આવે છે, જયારે 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 રેકટીફાયર 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 ઈલેક્ટ્રોનીક ઉપકરણ માં 2 – 12 volt ના સ્ટેપ-ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર વપરાય છે. જયારે CRT (Cathod Ray Tube) માં આશરે 2 KV ના voltage માટે સ્ટેપ-અપ ટ્રાન્સફોર્મર વપરાય છે.

- <u>કાર્ય પધ્ધતિ: (Work function)</u>

- ધારો કે ટ્રાન્સફોર્મર ના પ્રાથમિક ગૂંચળાને a.c. mains વોલ્ટેજ આપતા, ગૌણ ગૂંચળામાં ઉદ્દભવતો a.c. વોલ્ટેજ
  - $V_S = V_m \, Sin\, \omega t$ .... (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 ઉદ્દભવતા 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 રેકટીફાયરમાં ઈનપુટ સિગ્નલના પૂર્ણ તરંગ માંથી આઉટપુટમાં ફક્ત અર્ધા ભાગના જ તરંગ મળે છે, તેથી તેને અર્ધ-તરંગ રેકટીફાયર કહે છે.
- અર્ધ-તરંગ રેકટીફાયરમાં 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 રેકટીફાયરમાં અવરોધ R_L માંથી મળતો વીજપ્રવાહ

$I_0 = I_m Sin\omega t$, $(0 \le \omega t \le \pi)$ પ્રથમ ધન અર્ધચક્ર

$I_0 = 0$, $(\pi \le \omega t \le 2\pi)$ પ્રથમ ઋણ અર્ધચક્ર .... (3)

- માટે આઉટપુમાં મળતો સરેરાસ d.c. પ્રવાહ

A. R. Saradva

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{2\pi} I_0 \, d\omega t = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\pi} I_0 \, d\omega t + \frac{1}{2\pi}\int_{\pi}^{2\pi} I_0 \, d\omega t$$

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

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi}\left[-Cos\,\omega t\right]_{0}^{\pi} = \frac{I_m}{2\pi}\left[-(-1)+(1)\right]$$

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

[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, $R_f = R_S + R_D$ = 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

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

$I_0 = I_m Sin\omega t$, $(0 \le \omega t \le \pi)$ અને $I_0 = 0$, $(\pi \le \omega t \le 2\pi)$ લેતા,

A. R. Saradva

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

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

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

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

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

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

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

- અર્ધ-તરંગ રેકટીફાયરમાં 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, $R_f = R_S + R_D$ = Diode’s Forward Resister

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

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

A. R. Saradva

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

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

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

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

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

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

- 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 મુલ્ય વધારવામાં આવે (એટલે કે R_L ને ઘટાડવામાં આવે) તો આઉટપુટ વોલ્ટેજ ઘટે છે.
- અહી ($R_S + R_D$) ને પરીપથનો આંતરિક અવરોધ (R_f) કહેવાય છે.

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

- રેકટીફાયર 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.

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

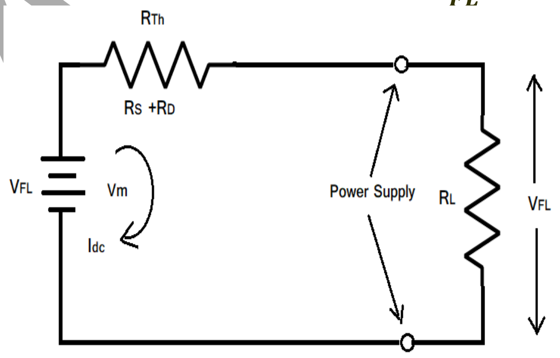


Figure:1 Thevenin Equi.Ckt

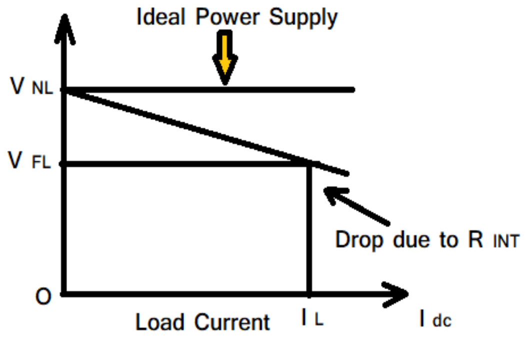


Figure:2 Graph of V → Idc

A R Saradva

- આકૃતિ -૧ માં અર્ધતરંગ રેકટીફાયરનો થેવેનિન પ્રમેય મુજબનો સમતુલ્ય પરિપથ છે. જયારે 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 વોલ્ત્જ 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 દરમ્યાન જયારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે. ત્યારે તેના એનોડ અને કેથોડ વચ્ચે જે સ્થિતિમાન હોય છે, તેને (PIV) કહે છે.
  - અર્ધતરંગ રેકટીફાયર માં આ મહત્તમ વિપરીત વોલ્ટેજ(PIV) નું મૂલ્ય, ટ્રાન્સફોર્મર ના મહત્તમ વોલ્ટેજ V_m જેટલું હોય છે. **(MCQ)**

(5) અર્ધતરંગ રેકટીફાયરની કાર્યક્ષમતા અથવા રેકટીફિકેશનનો દર:

(Efficiency of HWR or Ratio of Rectification):

- રેકટીફાયરના ઈનપુટ માં આપવામાં આવતી a.c. ઉર્જા માંથી કેટલા પ્રમાણ માં d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતરણ થયું તેને રેકટીફાયરની કાર્યક્ષમતા કે રેકટીફીકેશનનો દર કહે છે.

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

A. R. Saradva

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

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,

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

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

- તેથી, રેકટીફાયરની કાર્યક્ષમતા

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

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

- જો $R_L >> R_f$ હોય તો અર્ધતરંગ રેકટીફાયરની કાર્યક્ષમતા અથવા રેકટીફીકેશન નો દર $= \frac{4}{\pi^2} = 0.406$
- જે આદર્શ સ્થિતિમાં મળતું પરિણામ છે.**(no diode loss).**
- અર્ધતરંગ રેકટીફાયરની 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.

A. R. Saradva

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

- રેકટીફાયર માં રેકટીફીકેશન 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 શુધ્ધ d.c. નથી હોતો , તે સ્પંદયુક્ત (Pulsating) છે. જેનું ફોરીયર વિશ્લેષણ કરતા નીચે મુજબની ફોરીયર શ્રેણી મળે છે.

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

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

- પ્રવાહના a.c. ઘટકોનું મુલ્ય લેતા,

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

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

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

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

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

A. R. Saradva

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

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

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

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

$$\text{રીપલ અંક } (\gamma) = 1.21$$

- આમ, અર્ધતરંગ રેકટીફાયર માટે $\gamma > 1$ એટલે કે $I'_{rms} > I_{dc}$
- આથી કહી શકાય કે અર્ધતરંગ રેકટીફાયર ની a.c. ઉર્જાનું d.c. ઉર્જામાં રૂપાંતરણ કરવાની પ્રકિયા નબળી છે.

- **ટ્રાન્સફોર્મેર ઉપયોગીતા ફેક્ટર: (Transformer Utilization Factor – TUF)**

- કોઇપણ પાવર સપ્લાયમાં ટ્રાન્સફોર્મેર 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 રેકટીફાયરના પ્રકારને ધ્યાનમાં રાખી કરવામાં આવે છે.
- અહીં અર્ધતરંગ રેકટીફાયર પરિપથ માટે ટ્રાન્સફોર્મર નો યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર (UTF) નીચે મુજબ મેળવવામાં આવે છે.

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

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

A. R. Saradva

- પ્રથમ દ્રષ્ટિએ T.U.F. એ રેકટીફીકેશનના ગુણોત્તર (દળ કે કાર્યક્ષમતા) જેવો જ ગુણોત્તર લાગે છે,
- પરંતુ ટ્રાન્સફોર્મરના ગૌણ ગૂંચળા દ્વારા મળતા રેટીંગનું મુલ્ય, ગૌણ ગૂંચળાના બે છેડા વચ્ચે મળતી ખરેખર a.c. ઉર્જા 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. જયારે 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 , $R_L >> R_f$ હોવાથી R_f ને અવગણતા,

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

- લોડ અવરોધમાં મળતી d.c. ઉર્જા = ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગુંચળા દ્વારા રેટીગ થતી a.c. ઉર્જા X T.U.F.
- દા.ત. એક અર્ધતરંગ પરિપથ ના ટ્રાન્સફોર્મર માં વધુ પડતું હિટીંગ ન થાય તેવી સ્થિતિમાં 1 KVA (1000 VA) a.c. ટ્રાન્સફોર્મર રેટિંગ છે.
- માટે લોડમાં મળતો d.c. પાવર 1000 X 0.287 (T.U.F.)= 287 Watt થાય.
- ખરેખર ટ્રાન્સફોર્મર ના ગૌણ ગુંચળામાંથી ac પ્રવાહ વહેતો હોય ત્યારે તેમાં સંતૃપ્તીકરણ અસરના કારણે <u>T.U.F. માં ઘટાડો થઈ શકે છે, અને તે અર્ધતરંગ રેકટીફાયર માટે 0.2 જેટલો હોય છે.</u> તે ફિલ્ટર પરીપાથો જોડી T.U.F. ઉંચો લઈ શકાય છે.(MCQ)

A.R. Saradva

➢ અર્ધતરંગ રેકટીફાયર(એકદીશકારક) ની મર્યાદાઓ (Limitation)

(1) રીપલ અંકનું મૂલ્ય ખુબજ ઊંચુ હોય છે. (રીપલ અંક (γ) = 1.21)

(2) રેકટીફીકેશન દર (કાર્યક્ષમતા) ખુબજ નીચી હોય છે. ($\eta = \frac{4}{\pi^2} = 0.406$)

(3) ટ્રાન્સફોર્મર નો યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર (UTF) નીચો હોય છે. ($T.U.F. = 0.287$)

(4) ગૌણ ગૂંચળામાં dc સેચ્યુરેશન (સંતૃપ્તિકરણ) અસર જોવા મળે છે.

➢ પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર (Full Wave Rectifier)

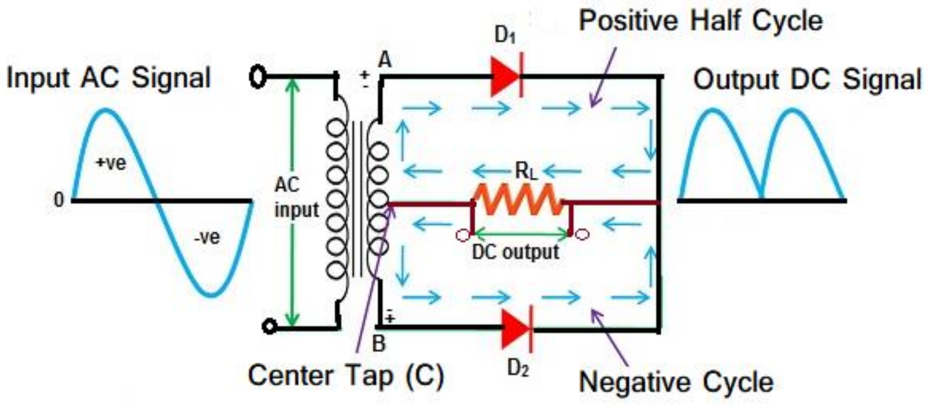
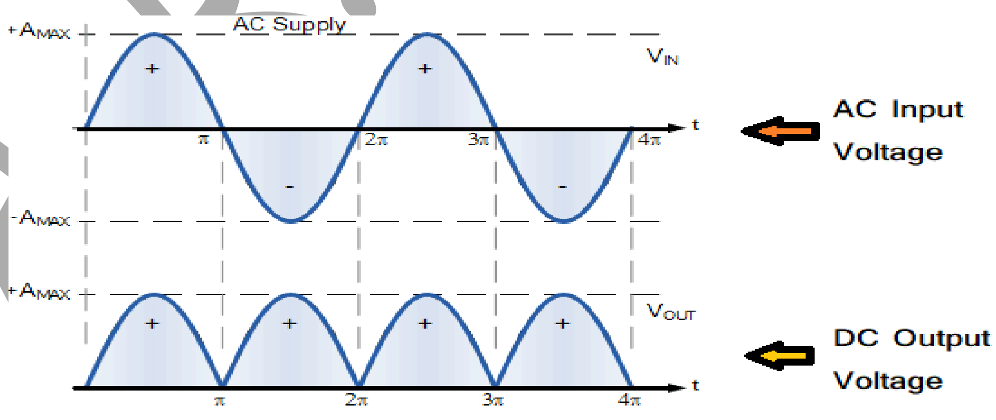


Fig.1 Full Wave Rectifier



Rectified Output Waveform

- અર્ધતરંગ રેકટીફાયરની મર્યાદાઓ ઘટાડવા માટે પરિપથમાં વધુ એક ડાયોડ જોડીને પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર 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 RL ને શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે.અને RL ને સમાંતર(Across) DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ મેળવવામાં આવે છે.

➤ કાર્ય પદ્ધતિ: (Work Function) :

- ac ના પ્રથમ ધન અર્ધચક્ર દરમ્યાન ગૌણ ગુંચળાનો 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 IL એ , ડાયોડ D1, લોડ અવરોધ RL અને ગૌણ ગુંચળાના અર્ધ ભાગમાં વહે છે.
- હવે ગૌણ ગૂંચળાના ઋણ અર્ધચક્ર દરમ્યાન ડાયોડ D2 ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે, અને ડાયોડ D1 રીવર્સ બાયસ થાય છે.
- આથી વિદ્યુતપ્રવાહ IL એ , ડાયોડ D2, લોડ અવરોધ RL અને ગૌણ ગુંચળાના નીચેના અર્ધ ભાગ માંથી વહે છે.
- અહી બન્ને અર્ધચક્ર દરમ્યાન લોડ અવરોધના બે છેડા વચ્ચે આપણને DC વોલ્ટેજ પ્રાપ્ત થાય છે.
- પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયરમાં આઉટપુટની આવૃત્તિ ઈનપુટઆવૃત્તિની સાપેક્ષે બેવડાય છે.

(ડબલ થાય છે.)

- તરંગ આકૃતિ પરથી મહત્તમ લોડપ્રવાહ

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

- જ્યાં, R_S = ગૌણ ગૂંચળાના સેન્ટર ટેપથી એક છેડા (અર્ધા ભાગ)નો અવરોધ, R_f = ડાયોડનો ફોરવર્ડ અવરોધ , અને R_L = લોડ અવરોધ.

A. R. Saradva

- તેમજ ઈનપુટવોલ્ટેજ $V_S = V_m \, Sin\,\omega t$ તથા આઉટપુટ dc વોલ્ટેજ શુધ્ધ dc નથી પરંતુ સ્પંદયુક્ત છે. તેથી ફોરીયર વિશ્લેષણમુજબ નીચે મુજબ મળે.

$$\frac{2V_m}{\pi}\ (\text{dc component}) - \frac{4V_m}{3\pi}\,Cos2\omega t - \frac{4V_m}{15\pi}\,Cos4\omega t\ (ac\ component)$$

.... **Eqn (2)**

➢ અહી acઘટકોની આવૃત્તિ $2\omega, 4\omega, ...$ છે. આપના ac મેઈન્સ ની આવૃત્તિ 50 Hz છે,તેથી રેકટીફાઈડ વોલ્ટેજની આવૃત્તિ 100 Hz, 200 Hz,.... મળશે. $2\omega, 4\omega, ...$ વગેરે આવૃત્તિવાળા ac ઘટકોનું મુલ્ય ઘણું ઓછુ હોવાથી ગણતરીમાં લેવાતા નથી.

➢ ગાણિતીય વિશ્લેષણ: (Mathematical Analysis) :

- **(1) DC આઉટપુટ પ્રવાહ I_{dc} (DC Load Current I_{dc})**

- બન્ને ડાયોડ માંથી વહેતો વિધુતપ્રવાહ i_1 , અને i_2 અનુક્રમે આ મુજબ થશે.

$i_1 = I_m Sin\omega t$ — ા અર્ધચક્ર દરમ્યાન D_1 માં $[0 < \omega t < \pi]$

$= 0$ — ા અર્ધચક્ર દરમ્યાન D_2 માં

$i_1' = 0$ — ુ અર્ધચક્ર દરમ્યાન D_1 માં

$i_2' = -I_m Sin\omega t$ — ુ અર્ધચક્ર દરમ્યાન D_2 માં $[\pi < \omega t < 2\pi]$

.... **(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 દરમ્યાન શોધવાનું હોય છે. આથી તેને નીચે મુજબ લખી શકાય.

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

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

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

A. R. Saradva

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

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

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

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

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

- **(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 સરેરાસ વર્ગનું વર્ગીત મૂલ્ય)

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{\int_0^{2\pi} I_0^2}{2\pi}\right]} = \left\{\frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} i_1^2 + \int_{\pi}^{2\pi} {i_1'}^2\right]\right\}^{1/2}$$

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

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}}\left[\int_0^{\pi}\left(\frac{1 - Cos2\,\omega t}{2}\right) d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi}\left(\frac{1 - Cos2\,\omega t}{2}\right) d\omega t\right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2\pi}}\left[\left(\frac{\omega t}{2} - \frac{Sin2\,\omega t}{4}\right)_0^{\pi} + \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{Sin2\,\omega t}{4}\right)_{\pi}^{2\pi}\right]^{1/2}$$

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

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

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

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

A. R. Saradva

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

પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર માટે dc આઉટપુટ વોલ્ટેજ

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

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

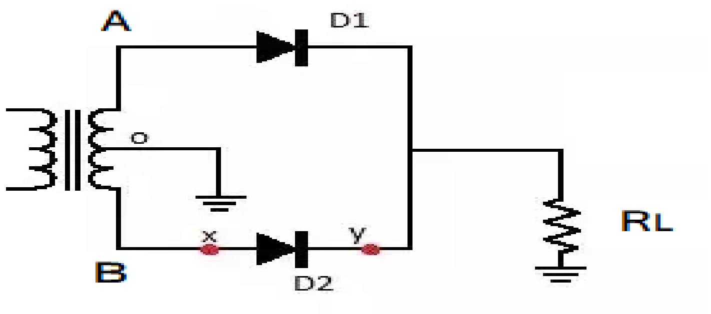
$$V_{dc} = \frac{2}{\pi} \times \frac{V_m}{(R_S + R_f + R_L)} \times R_L$$

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

પરંતુ $R_L >> R_S + R_f$

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

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



- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ જયારે 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. જયારે 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 રેકટીફાયરની કાર્યક્ષમતા અથવા રેકટીફિકેશનનો દર:

(Efficiency of HWR or Ratio of Rectification):

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

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

- પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર 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 $R_L >> R_f$ તો $\eta = 0.812$ (રેકટીફીકેશન દર) એટલે કે ટકાવારીમાં 81.2 % મળે છે.
- અહી નોંધી શકાય કે અર્ધતરંગ રેકટીફાયર ની કાર્યક્ષમતા (0.406) કરતા પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર ની કાર્યક્ષમતા (0.812) બમણી મળે છે.એટલે કે કાર્યક્ષમતા ડબલ છે.

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

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

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

A.R. Saradva

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

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

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

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

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

➢ ટ્રાન્સફોર્મર ઉપયોગીતા અંક :

(Transformer Utilization Factor – TUF)

- પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયરમાં સરેરાસ TUF પ્રાથમિક ગૂંચળા માટે અને ગૌણ ગૂંચળા માટે અલગથી ગણાય છે.
- અહી TUF નું મુલ્ય 0.693 મળે છે. જે અર્ધતરંગ રેકટીફાયરના 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.

A. R. Saradva

➢ બ્રિજ રેકટીફાયર (Bridge Rectifier) :

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

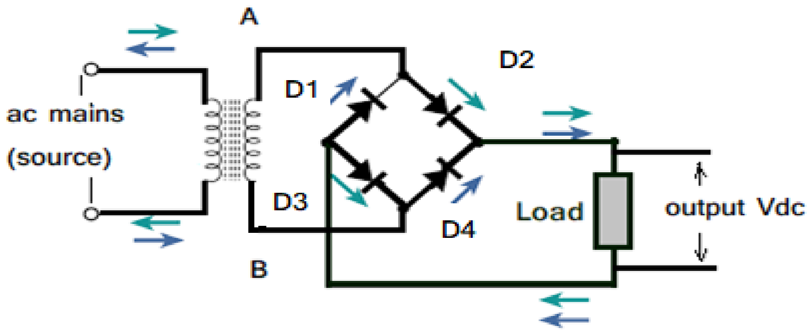


Fig:1 Full Wave Bridge Rectifier Circuit

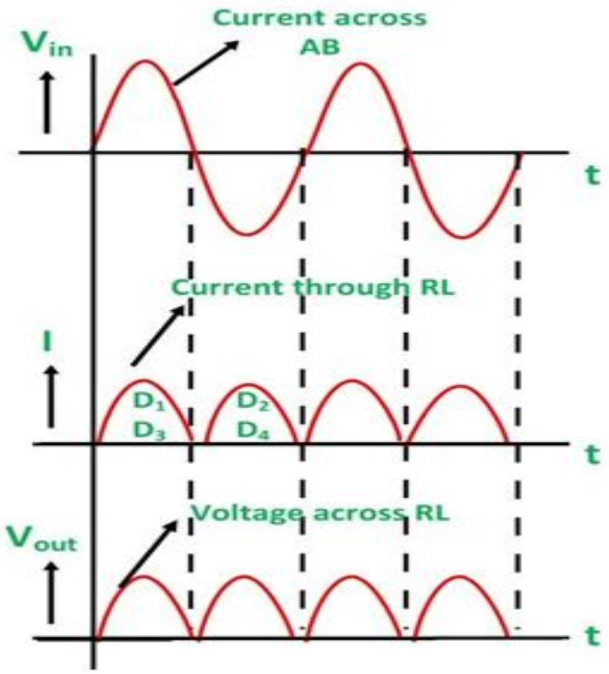


Fig:2 Output waveform

➢ કાર્ય:

- ગૌણ ગૂંચળાના ધન અર્ધચક્ર દરમ્યાન ડાયોડ $D2$ અને $D3$ ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે. અને $D1$ અને $D4$ રીવર્સબાયસ થાય છે. તેથી લોડપ્રવાહ I_L ગૌણ ગૂંચળા માંથી નીકળી $D2 \rightarrow R_L \rightarrow D3$ માંથી પસાર થઈ ને પાછો ગૌણ ગૂંચળામાં આવે છે.
- આ સમય દરમ્યાન $D1$ અને $D4$ માંથી પ્રવાહ વહેતો નથી.
- હવે ઋણ અર્ધચક્ર દરમ્યાન ડાયોડ $D1$ અને $D4$ ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે. અને $D2$ અને $D3$ રીવર્સબાયસ થાય છે. તેથી લોડપ્રવાહ I_L ગૌણ ગૂંચળા માંથી નીકળી $D1 \rightarrow R_L \rightarrow D4$ માંથી પસાર થઈને પાછો ગૌણ ગૂંચળામાં આવે છે.
- આ સમય દરમ્યાન $D2$ અને $D3$ માંથી પ્રવાહ વહેતો નથી.
- અહી બન્ને કિસ્સામાં લોડ અવરોધ R_L લોડપ્રવાહ I_L એકજ દિશામાં વહે છે. પરિણામે R_L ના બે છેડા વચ્ચેનો આઉટપુટ વોલ્ટેજ Vdc મળે છે. જેના વેવફોર્મ (Fig: 2) માં દર્શાવેલ છે.
- આ આઉટપુટ વોલ્ટેજ Vdc, એ પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર જેવોજ સ્પંદયુક્ત છે.
- અહી એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે બ્રિજ રેકટીફાયરમાં એક સાથે બે ડાયોડ કાર્યાન્વિત થાય છે. જયારે પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયરમાં ફક્ત એકજ ડાયોડ કાર્યાન્વિત થાય છે.
- બ્રિજ રેકટીફાયરમાં આઉટપુટ વોલ્ટેજ Vdc, એ પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર જેવોજ હોવાથી તેનું ગાણિતીય વિશ્લેષણ પણ સરખુજ મળે છે.

A.R.Saradva

➢ રેકટીફાયર પરિપથો વચ્ચેનો તફાવત: (સરખામણી)

ક્રમ	ભૌતિક રાશી	અર્ધતરંગ રેકટીફાયર	પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર	બ્રિજ રેકટીફાયર
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 પરીપથ 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 ઇન્ડકટર જેવા ઘટકોનો ઉપયોગ કરી બનાવેલ યોગ્ય પરીપથો નું જોડાણ કરતા **ac** સ્પંદનો ઘટાડી શકાય છે.
- આવા પરિપથો ને ફિલ્ટર પરિપથો કહે છે. **ac** ઘટકો માટે ઇન્ડકટર નો ઇન્ડકટીવ રિએક્ટન્સ (**reactance** $X_L = WL$) ઘણો મોટો હોય છે. અને કેપેસીટર નો કેપેસિટીવ રિએક્ટન્સ ($X_C = {}^{1}/_{WC}$) ઘણો નાનો હોય છે.
- આ લાક્ષણિકતાનો ઉપયોગ કરી ઈન્ડક્ટર 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 ઇન્ડકટર(ચોક) ના આવા જોડાણથી જુદા-જુદા ચાર પ્રકારના ફિલ્ટર પરીપથો મળે છે.

(1) પ્રેરક(ઈન્ડક્ટર) 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** સેકશન ફિલ્ટર.

A. R. Saradva

➢ પ્રેરક ફિલ્ટર: (Inductor Choke Filter)

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

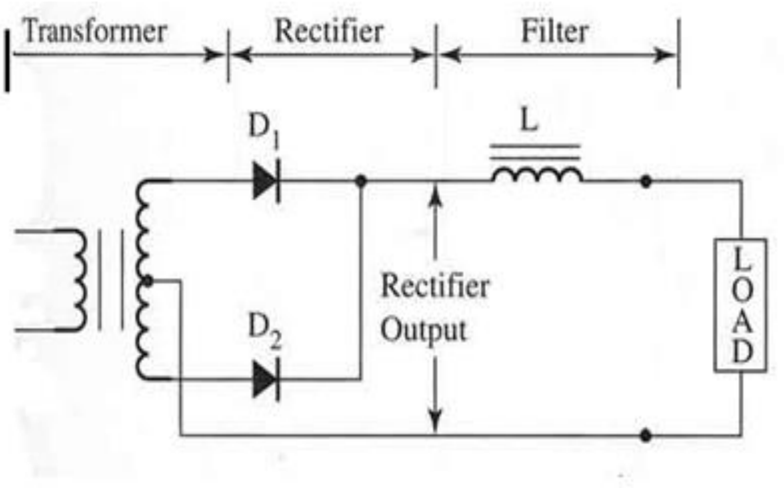


Fig:1 Full –Wave Rectifier with Inductor Filter

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

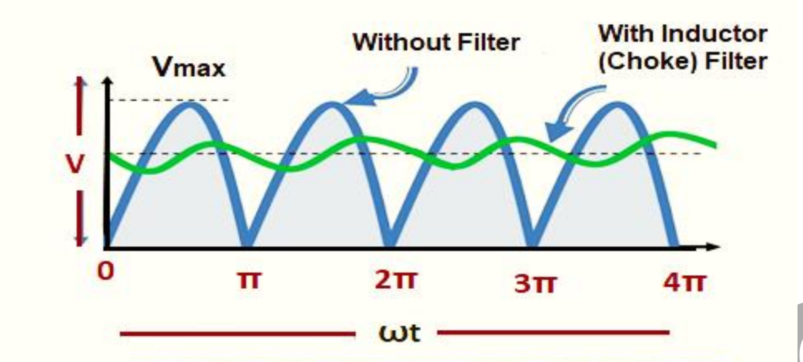


Fig:2 Series Inductor Filter Waveforms

- આકૃતિ-2 પરથી સમજી શકાય છે કે ફિલ્ટર વગર મળતા આઉટપુટ કરતા ઇન્ડક્ટર ફિલ્ટરનું જોડાણ કરવાથી આઉટપુટ વધારે સ્મુધ(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

$$i = \frac{2I_m}{\pi} - \frac{4I_m}{3\pi} cos2\omega t \; .... (1)$$

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 અહી 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

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

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

A. R. Saradva

➢ 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.

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

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

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

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

- જો ac સપ્લાયની આવૃત્તિ f = 50 Hz અને L હેન્રીમાં અને R_L ઓહ્મ માં હોય તો,

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

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

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

A. R. Saradva

- આ મૂલ્ય પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર માં મળતા રીપલ અંક ના મુલ્ય 0.482 ની નજીક છે. આથી તારણ કાઢી શકાય કે જ્યારે R_L નું મુલ્ય નાનું હોય , જેથી લોડ પ્રવાહ ઉંચો મેળવવાનો હોય ત્યારે ઇન્ડકટર(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 અહી આ ત્યારેજ શક્ય બને છે કે જ્યારે ઇન્ડકટર નો અવરોધ શૂન્ય હોય. પરંતુ ઇન્ડકટર નો અવરોધ સામાન્ય રીતે અવગણી શકાય નહી.
- તેથી $V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} \cdot \frac{R_L}{R_L+R}$ જ્યાં, $R = R_S + R_f + R'$

$$Where \;\; R' = Inductor's\ Resistor$$

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

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

A. R. Saradva

➢ કેપેસીટર ફિલ્ટર (શંટ કેપેસીટર ફિલ્ટર): (Capacitor Filter)

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

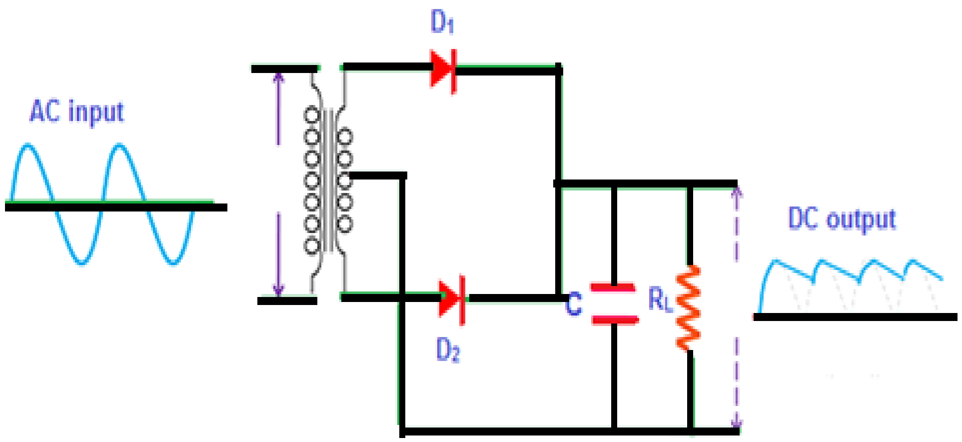


Fig:1 Full wave rectifier with capacitor filter

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

➢ કેપેસીટર ફિલ્ટર માટે રીપલ અંક: (Ripple Factor)

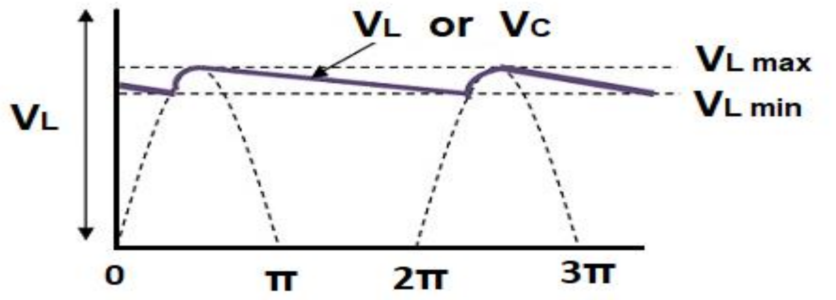


Fig:2 Shunt Capacitor Filter and its Waveforms

- 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

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

- આટલો જ ચાર્જ કેપેસીટર T_1 સમયમાં મેળવે છે.

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

- કેપેસીટર માટે $Q\ charge = Q\ discharge$

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

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

પરંતુ

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

- કેપેસીટર ના આઉટપુટ વોલ્ટેજનું rms મૂલ્ય

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

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

$$V_{r\,rms} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}\,fC} = \frac{V_{dc}}{4\sqrt{3}\,fR_LC} \ldots\ldots (3)$$

- રીપલ અંક (વ્યાખ્યા પરથી)

$$\gamma = \frac{V_{r\,rms}}{V_{dc}} == \frac{1}{4\sqrt{3}\,fR_LC} \ldots\ldots (4)$$

$$for\ f = 50\,Hz, \&\ we\ take\ C\ in\ \mu F\ \&\ R_L\ in\ ohms\ unit, then\ \ \gamma = \frac{2890}{R_LC} \ldots\ldots (5)$$

- 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):

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

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

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

A. R. Saradva

➢ ચોક ઈનપુટ ફિલ્ટર અથવા L-C ફિલ્ટર (L-સેક્સન ફિલ્ટર) :

(Choke Input Filter or L-C Filter or L-Section Filter)

- ઇન્ડકટર ફિલ્ટરમાં આપણે સમજ્યા કે લોડઅવરોધR_L ના વધારા સાથે રીપલમાં વધારો થાય છે.
- જ્યારે કેપેસીટર ફિલ્ટરમાં લોડઅવરોધ R_L ના વધારા સાથે રીપલમાં ઘટાડો થાય છે.
- પરંતુ ઇન્ડકટર ફિલ્ટર અને કેપેસીટર ફિલ્ટર ને એક સાથે જોડતા બનતુ ફિલ્ટર ચોક ઈનપુટ ફિલ્ટર અથવા L-C ફિલ્ટર અથવા L- સેકસન ફિલ્ટર કહે છે.
- L- સેકસન 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.

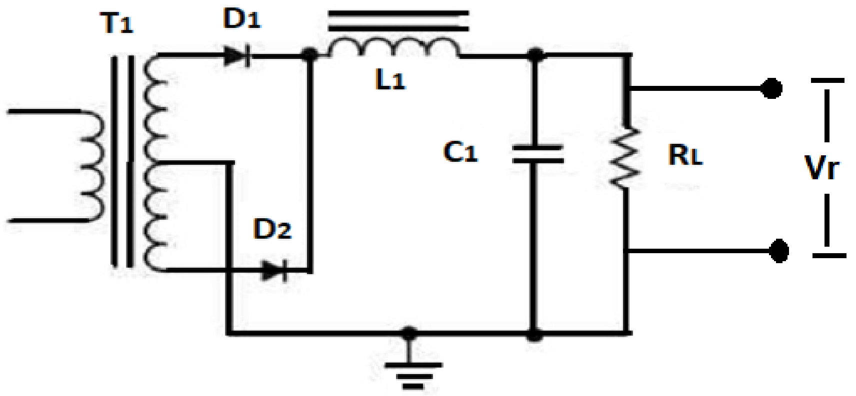


Fig: 1 Choke Input Filter or L-C Filter or L-Section Filter

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

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

- તેથી ,

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

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

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

- 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

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

- અહી,ઇન્ડકટર (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.

A. R. Saradva

➢ ક્રાંતિક ઇન્ડક્ટન્સ (અવબાધ) નું મૂલ્ય:

(Value of Critical Inductance)

- ફિલ્ટર પરિપથમાં વપરાતા ઇન્ડકટર ના ઇન્ડક્ટન્સ(inductance) ના મૂલ્યો એવા પસંદ કરવા જોઈએ કે જેથી તેમાંથી વહેતો કુલ પ્રવાહ ક્યારેય શૂન્ય ન થાય અને મહત્તમ dc પ્રવાહ ઈન્ડકટર 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 ઇન્ડકટરના ઇન્ડક્ટન્સ(inductance) ના મુલ્યને ક્રાંતિક 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 ઋણ પીક(Peak) થી વધુ પર જ રહેવું જોઈએ.

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

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

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

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

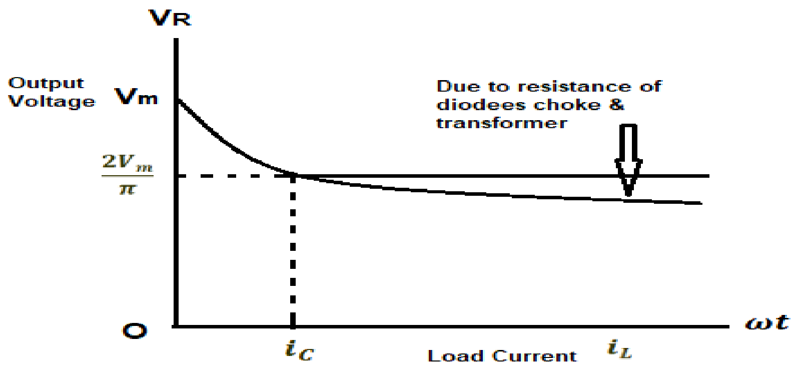
$$\therefore\ X_L \geq \frac{2}{3} \cdot R_L \qquad but \quad X_L = 2\omega L_C$$

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

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

- 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.

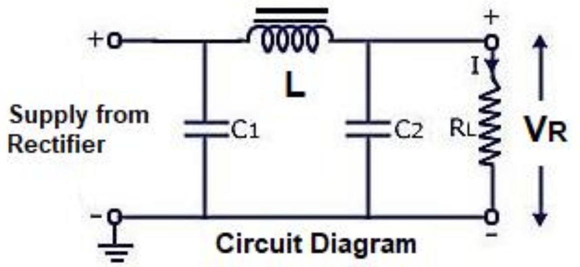
A. R. Saradva

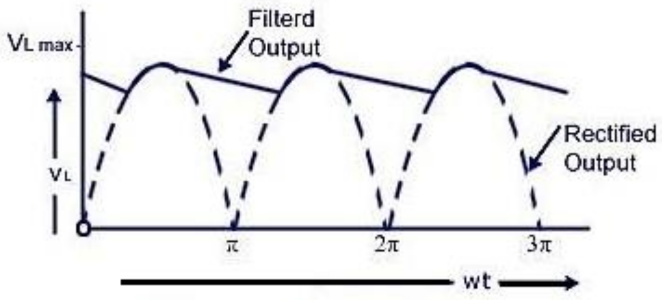


- આમ ચોક (ઇન્ડકટર) કે જેનો રીએકટન્સ **dc** પ્રવાહનો વધારા સાથે ઘટે છે. તેને સ્વીગીંગ ચોક કહે છે.દાખલા તરીકે 0 પ્રવાહે ઇન્ડકટર નો ઇન્ડક્ટન્સ **30** હેન્રી હોય પણ જેવો **dc** પ્રવાહ શું ૧૦૦ મિલી એમ્પીયર થતા તે ફક્ત 4 હેન્રી થાય.
- ખરેખર તે સારી બાબત છે કે 100 મિલી એમ્પીયર **dc** પ્રવાહ એ **30** હેન્રી 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 ઇન્ડકટર ના કારણે વોલ્ટેજ ${2V_m}/{\pi}$ મળે.
- જ્યારે ઇન્ડકટર 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 ઇન્ડકટર માં ઓછામાં ઓછો થોડોક પ્રવાહ વહે છે. જેથી લોડવોલ્ટેજ નો જંમ્પ તાળી શકાય છે. જ્યારે લોડ દૂર થાય ત્યારે $R_b \leq 900L_{max}$
- આમ બ્લીડર અવરોધના જોડાણથી આઉટપુટ વોલ્ટેજ નું સારું 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.

A.R. Saradva

➢ કેપેસીટર ઈનપુટ ફિલ્ટર (CLC Filter or π- Filter)





Rectified & FilteredOutput
Waveform of FWR

- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ એક કેપેસીટરને 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 કેપેસીટર C1 નું મૂલ્ય એવું લેવામાં આવે છે કે જેથી તેમાંથી પસાર થતા રીપલ યુક્ત રેકટીફાઈડ આઉટપુટ માંથી મોટા ભાગના રીપલ ફિલ્ટર થઈ જાય.
- હવે C1 માં ફિલ્ટર ન થઇ 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) = (કેપેસીટર ફિલ્ટર નો રીપલ અંક $(\gamma_{C1}) \cdot (L - C_2$ ફિલ્ટર નો રીપલ અંક γ_{LC_2})

$$\gamma C_1 = \frac{1}{4\sqrt{3}\, f R_L C_1} \qquad \& \qquad \gamma_{LC_2} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{X_{C2}}{X_L}$$

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

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

A.R. Saradva

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

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

- ઈનપુટ કેપેસીટર C_1 જ્યારે ચાર્જ અને ડિસ્ચાર્જ થાય છે ત્યારે તે ત્રિકોણ આકારના તરંગો ઉત્પન 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.

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

But

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

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

- જો આવૃત્તિ f = 50 Hz હોય તો,

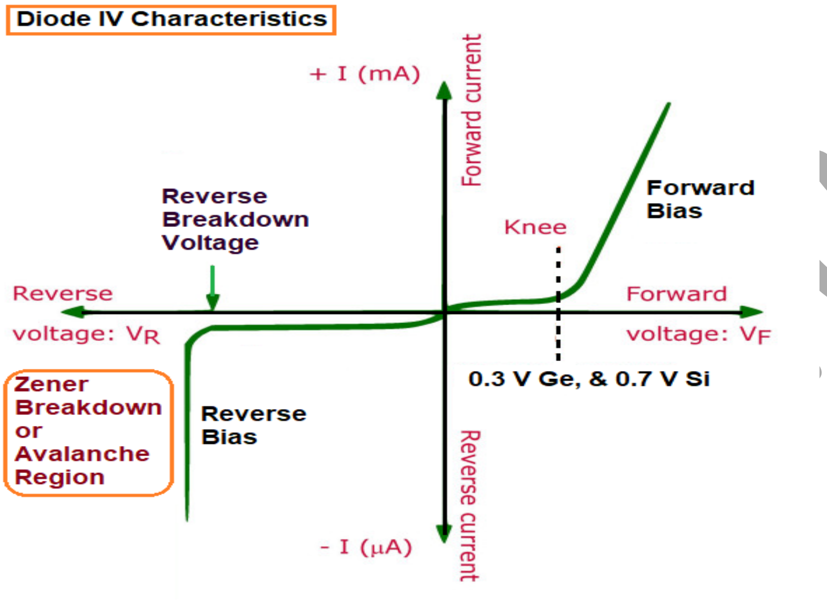
$$\gamma_\pi = \frac{5700}{C_1 C_2 L R_L}$$

- અહી 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 ઇન્ડકટરને બદલે અવરોધ પણ જોડી શકાય છે.
- જ્યારે લોડપ્રવાહનું મૂલ્ય ઘણું ઓછું હોય ત્યારે પરીપથમાં ઇન્ડકટરને બદલે અવરોધ પણ જોડી શકાય છે.
- આ અવરોધનું મૂલ્ય, ઇન્ડકટરના ઇન્ડક્ટીવ રીએકટન્સ જેટલું હોવું જોઈએ.
- આ પ્રકારના ફિલ્ટરને C-R-C ફિલ્ટર પણ કહે છે.
- આ કિસ્સામાં રીપલ અંક નીચે મુજબ આપી શકાય.

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

A. R. Saradva

➢ ઝેનર ડાયોડ: (Zener diode):



- ઝેનર ડાયોડએ પણ એક પ્રકારનો અર્ધવાહક ડાયોડ છે.
- આપણે જાણીએ છીએ કે ડાયોડ ને ફોરવર્ડ બાયસ માં જોડતા તેમાં પ્રવાહ મિલીએમ્પીયર ના ક્રમનો મળે છે. જ્યારે રિવર્સ બાયસ માં પ્રવાહ માઈક્રોએમ્પીયર ના ક્રમનો મળે છે.
- બીજી એક વાત આપણે નોંધી લઈએ કે બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ)**breakdown voltage**(નું મૂલ્ય ઘણું મોટું છે.
- પરંતુ જો આ ડાયોડમાં અશુદ્ધિ નું પ્રમાણ વધારી દેવામાં આવે તો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ આગળ રિવર્સ પ્રવાહ મિલીએમ્પીયર ના ક્રમનો મેળવી શકાય છે.
- ડાયોડ માં અશુદ્ધિના પ્રમાણમાં વધઘટ કરવાથી બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ માં પણ ફેરફાર કરી શકાય છે.
- તેને ઝેનર બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ કહે છે.
- **Zener diode** રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં, બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વિસ્તારમાં વાપરવામાં આવે છે.
- સામાન્ય રીતે **Zener diode** સિલિકોન અર્ધવાહક માંથી બનાવવામાં આવે છે. કારણ કે જર્મેનિયમ અર્ધવાહક કરતા તેની પ્રવાહ ક્ષમતા વધારે છે. ઉપરાંત ઊંચા તાપમાને તેની કાર્યક્ષમતામાં ઓછો ફેરફાર થાય છે.
- આ પ્રકારના ડાયોડમાં બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ)**breakdown voltage**(વખતે જે મિલીએમ્પીયર ના ક્રમનો મળે છે.

- તે મુખ્યત્વે બે પ્રકારની અસરોને લીધે મળે છે.

(1) ઝેનર અસર અને (2) એવલેન્ચ અસર

- ઝેનર ડાયોડ માં અશુદ્ધિ નું પ્રમાણ વધારે હોય છે, અને તેના ડેપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ ઘણી ઓછી હોય છે.
- પાતળા ડેપ્લેશન સ્તર પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર તીવ્ર બને છે. દા .ત.જો રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ 2 volt હોય અને ડેપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ Å 200 હોય તો વિધુતક્ષેત્રની તીવ્રતા $\frac{2}{200\times10^{-8}} = 10^{6}\,\frac{V}{cm}$ થશે.
- આ વિદ્યુતક્ષેત્ર સહસંયોજક બંધ) **covalent bond)** માં રહેલા ઈલેક્ટ્રોનને બહાર ખેંચી કાઢે છે. એટલે કે મોટા પ્રમાણમાં સહસંયોજક બંધો તૂટી જાય છે. પરિણામે ડાયોડમાં મોટા પ્રમાણમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ ઉદભવે છે. આથી રિવર્સ પ્રવાહ ($_R$I)નું મૂલ્ય એકાએક વધી જાય છે.
- આ ઘટનાની સમજૂતી **C.E.Zener** નામના વૈજ્ઞાનિકે આપેલી.
- આથી આ અસરને **ઝેનર અસર** કહેવામાં આવે છે.

- N-P જંક્શન ડાયોડમાં રહેલા અશુદ્ધિના પ્રમાણમાં ફેરફાર કરી ડેપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ વધારી શકાય છે.
- જેમાં બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ઊંચા વોલ્ટેજે મળે છે.
- જ્યારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં હોય ત્યારે પ્રવાહ માઈનોરીટી ચાર્જ કેરિયરને પરિણામે મળતો હોય છે.
- રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ વધારતા ડેપ્લેશન સ્તર પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર તીવ્ર બને છે.
- જ્યારે માઈનોરીટી ચાર્જ કેરિયર એટલે કે ઇલેક્ટ્રોન્સ, બેરિયર સ્તરમાંથી પસાર થાય છે. ત્યારે પ્રવેગી ગતિ કરે છે, અને વિદ્યુતક્ષેત્ર માંથી ઊર્જા મેળવે છે.
- આ પ્રવેગીત ઇલેક્ટ્રોન્સ, બેરિયર સ્તરમાં રહેલા અણુઓ સાથે અથડાય છે. અને તેનું આયનીકરણ કરી નાખે છે.
- એટલે કે અથડામણ દરમિયાન આ પ્રવેગિત ઇલેક્ટ્રોન્સ, બેરિયર સ્તરમાં રહેલા સહસંયોજક બંધો તોડી મોટા પ્રમાણમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સનું નું નિર્માણ કરે છે.
- નવા ઉદભવેલા ઇલેક્ટ્રોન્સ પણ પ્રવેગી ગતિ કરી બીજા સહસંયોજક બંધ તોડી નવા ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલનું નિર્માણ કરે છે.
- આમ આ પ્રક્રિયાનું પુનરાવર્તન સતત ચાલુ રહે છે. પરિણામે આ સ્થિતિમાં ડાયોડમાં વિદ્યુતપ્રવાહ નું પ્રમાણ વધી જાય છે.

A. R. Saradva

- એટલે કે ડાયોડ બ્રેકડાઉન સ્થિતિમાં આવી જાય છે.
- આ પ્રકારના બ્રેકડાઉન ને એવલેન્ચ બ્રેકડાઉન કહે છે. અને આ પ્રકારની અસર ને **એવલેન્ચ અસર** કહે છે.
- જે ડાયોડ નો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ)**breakdown voltage**(**4 volt** કરતાં ઓછો હોય તેમાં ઝેનર અસરને કારણે બ્રેકડાઉન થાય છે.
- **6 volt** થી વધુ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ધરાવતા ડાયોડમાં એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે.
- **4 volt** થી **6 volt** વચ્ચે બ્રેકડાઉન ધરાવતા ડાયોડમાં ઝેનર અસર તેમજ એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે.
- આ બધા પ્રકારના ડાયોડ ને ઝેનર ડાયોડ કહેવામાં આવે છે.

- રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં લાગુ પાડવામાં આવેલ વોલ્ટેજ, બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ)**breakdown voltage**(કરતાં વધી જાય ત્યારે આ ડાયોડ અચળ વોલ્ટેજ ઉદગમ સ્થાન)**constant voltage source**(તરીકે કાર્ય કરે છે.
- આ ડાયોડને સંદર્ભ વોલ્ટેજ ડાયોડ)**Voltage Reference diode)** તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.

- ઝેનર ડાયોડ ની સંજ્ઞા તેમજ તેનો સમતુલ્ય પરિપથ આકૃતિ **-1** માં દર્શાવ્યો છે.
- આકૃતિ a**1**-માં દર્શાવ્યા મુજબ તેની સંજ્ઞા PN જંક્શન ડાયોડ જેવી જ છે.
- પરંતુ જો ધ્યાનથી જોવામાં આવે તો તેની કેથોડ લાઈન ઝેડ(z) આકારે વાળવામાં આવી છે.

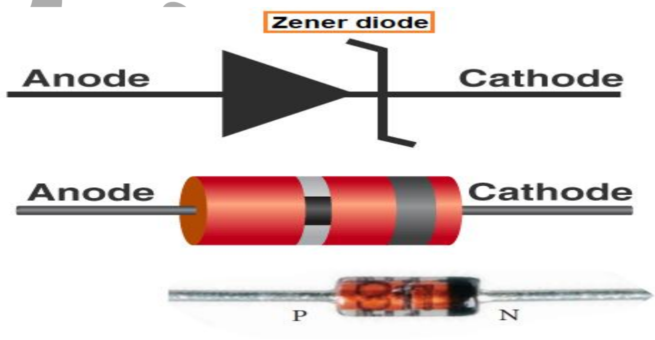


Fig:1(a) Zener diode Symbol

Fig:1(b) Zener diode equivalent circuit

A. R. Saradva

- આકૃતિ b1-માં ઝેનર ડાયોડનો સમતુલ્ય પરિપથ છે. જે દર્શાવે છે કે ડાયોડ પોતે એક $_zV$ વિદ્યુતચાલક બળ વાળી બેટરીની જેમ વર્તે છે. જેનો આંતરિક અવરોધ $_zZ$ છે. અહી $_zZ$ ને ઝેનર ડાયોડનો ચલ અવરોધ)**dynamic resistance)** કહે છે.

➢ ઝેનર ડાયોડ ની લાક્ષણિકતા I → V:

(Zener diodeCharectiristics I → V s'):

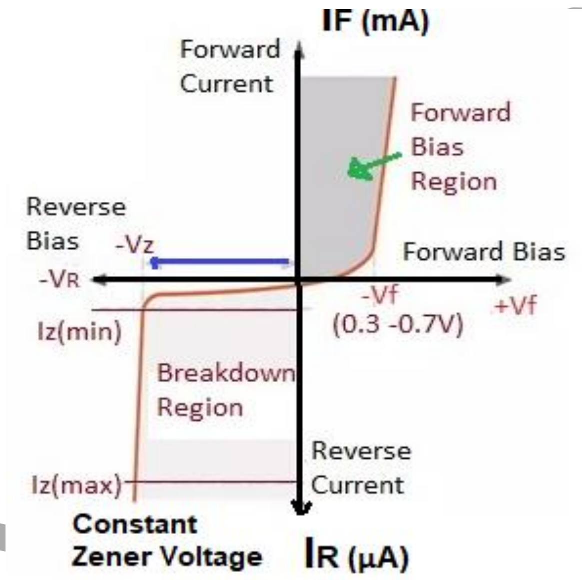


Fig:2 Zener diode Characteristic

Zener diode ની V→I લાક્ષણિકતા

- આકૃતિ -1 માં ઝેનર ડાયોડ ની લાક્ષણિકતા દર્શાવી છે.
- ફોરવર્ડ બાયસ લાક્ષણિકતા PN જંકશન ડાયોડ જેવી જ છે.
- રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં બ્રેક ડાઉન કરતા ઓછા વોલ્ટેજ વાળા વિસ્તારમાં પ્રવાહ નું મૂલ્ય માઈક્રો એમ્પીયર ના ક્રમનું છે.
- બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ આગળ આ પ્રવાહ એકાએક વધીને મિલી એમ્પીયર ના ક્રમનો થાય છે. જો ઇનપુટ વોલ્ટેજ, બ્રેકડાઉન (breakdown voltage) V_R કરતા થોડો પણ વધારવામાં આવે

દા.ત. 0.1V જેટલો વધારો કરવામાં આવે તો ઝેનર પ્રવાહ I_Z માં ઘણો મોટો ફેરફાર થાય છે. આલેખમાં દર્શાવ્યા મુજબ V_Z, I_{ZT}, I_{ZK} …… વગેરેને નીચે મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય.

(1) ઝેનર વોલ્ટેજ (V_Z):

- રિવર્સ લાક્ષણિક આલેખ પરના રેખીય ભાગ પરના કોઈ ટેસ્ટપ્રવાહ I_{ZT} માટે જે બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ મળે તેને ઝેનર વોલ્ટેજ કહે છે.
- સામાન્ય રીતે આ ટેસ્ટપ્રવાહ I_{ZT} નું મૂલ્ય ઝેનર ડાયોડના મહત્તમ પ્રવાહના 20% જેટલું હોય છે. બજારમાં 2.4V થી 200V સુધીના બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વાળા ઝેનર ડાયોડ મળે છે.

(2) પાવર ક્ષમતા) Power dissipation capacity):

- જો ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z, હોય અને તે સમયે ડાયોડ માંથી પસાર થતો પ્રવાહ I_Z, હોય તો ડાયોડની પાવર ક્ષમતા $P_Z = V_Z \cdot I_Z$ થાય.
- ઝેનર ડાયોડ ની મહત્તમ પાવર ક્ષમતા $P_{Z\,max}$ નીચે મુજબ આપી શકાય.

$$P_{Z\,max} = V_Z \cdot I_{Z\,max}$$

- દા .ત. જો 12 V ના ઝેનર ડાયોડ ની મહત્તમ પાવર ક્ષમતા $P_{Z\,max} = 1\,W$ હોય તો,

$$I_{Z\,max} = \frac{P_{Z\,max}}{V_Z} = \frac{1}{12} = 83\ mA$$

- એટલે કે આ ડાયોડ માંથી મહત્તમ પ્રવાહ $83\ mA$ પસાર થઈ શકે. જો ડાયોડ માંથી $I_{Z\,max}$ કરતા વધુ પ્રવાહ પસાર થાય તો તેનું આયુષ્ય પૂરું થઈ જાય છે. બજારમાં 25W થી 50W સુધીની પાવર ક્ષમતા વાળા ઝેનર ડાયોડ ઉપલબ્ધ છે.

(3) ઝેનર ઈમ્પીડન્સ (Zener impedance):

- જ્યારે ઝેનર ડાયોડ બ્રેકડાઉન વિસ્તારમાં કાર્યશીલ હોય ત્યારે જો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ માં થોડો ફેરફાર∆)V) કરવામાં આવે તો ઝેનર પ્રવાહ∆) I_Z) માં મોટા પ્રમાણમાં ફેરફાર થાય છે° તેની મદદથી ઝેનર ડાયોડ ના ઈમ્પીડન્સ ની ગણતરી થઈ શકે.

$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

- દા .ત. ઝેનર વોલ્ટેજ માં 50 mV નો ફેરફાર કરતા, પ્રવાહમાં 15 mA નો ફેરફાર થાય તો,

A.R.Saradva

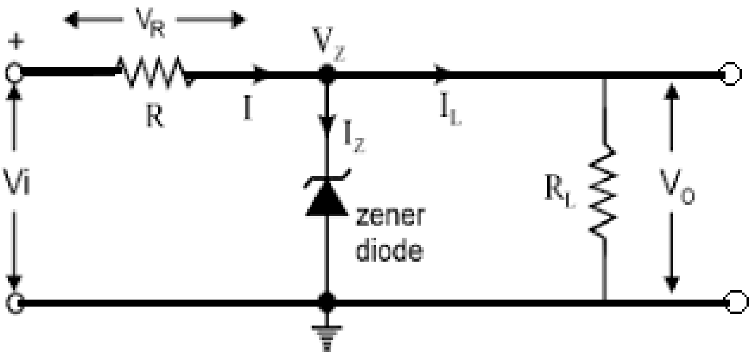
$$Z_Z = \frac{50 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 3.33\,\Omega$$

- સામાન્ય રીતે ઝેનર ઈમ્પીડન્સ, ટેસ્ટપ્રવાહ માટે માપવામાં આવે છે. આદર્શ ઝેનર ડાયોડ માટે તેનો ઈમ્પીડન્સ **(impedance)** શૂન્ય હોય છે. પરંતુ વાસ્તવમાં આ મૂલ્ય **5** Ω થી **100** Ω સુધી બદલાતું હોય છે.

➢ વોલ્ટેજ નિયામક તરીકે ઝેનર ડાયોડ:

(Zener diode as a Voltage Regulator)

- અત્યાર સુધી આપણે રેક્ટિફાયર પરિપથ તેમજ ફિલ્ટર પરિપથ નો અભ્યાસ કર્યો. તેમાં પણ આપણે જોયું કે રેક્ટિફાયર પરિપથોના આઉટપુટમાં રહેલા AC ઘટકો ને **Smooth** કરવા માટે ફિલ્ટર પરિપથ વાપરીને લગભગ શુદ્ધ ડીસી વોલ્ટેજ મેળવી શકાય છે.
- પરંતુ આ પરિપથો નું વોલ્ટેજ નિયમન સારું હોતું નથી.
- એટલે કે જો લોડપ્રવાહ) I_L) વધારવામાં આવે તો આઉટપુટ ડીસી વોલ્ટેજ નું મૂલ્ય ઘટે છે.
- આ ઉપરાંત **AC Mains** વોલ્ટેજ મા જો વધઘટ થાય તો પણ આઉટપુટ વોલ્ટેજ) V_{DC}) માં વધઘટ થાય છે.
- આમ જો પાવર સપ્લાય માં અચળ ડીસી વોલ્ટેજ મેળવવો હોય તો વોલ્ટેજ નિયામક પરિપથ **(Voltage Regulator Circuit)** નો ઉપયોગ કરવો પડે.
- આ પરિપથની મદદથી રિપલ વોલ્ટેજ પણ દૂર કરી શકાય છે. વોલ્ટેજ નિયામક પરિપથ ને ફિલ્ટર પરિપથ અને લોડ અવરોધ R_L ની વચ્ચે જોડવામાં આવે છે.
- આવો એક સાદો વોલ્ટેજ નિયામક પરિપથ ઝેનર ડાયોડ અને લોડઅવરોધ ની મદદથી બનાવી શકાય છે જે આકૃતિ ૩ માં દર્શાવેલ છે.



- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ઝેનર ડાયોડને રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં વાપરવામાં આવે છે.

A R. Saradva

- આ ડાયોડ ને સમાંતર લોડ અવરોધ R_L જોડવામાં આવે છે.
- અવરોધ **R**, પરિપથ ના કુલ પ્રવાહનું નિયમન કરે છે.
- અવરોધ **R** નું મૂલ્ય એવી રીતે નક્કી કરવામાં આવે છે, કે જ્યારે લોડ પ્રવાહ મહત્તમ $I_{L\,max}$ હોય (અથવા ઝેનર પ્રવાહ લઘુત્તમ $I_{Z\,min}$) હોય તે સમયે પણ ઝેનર ડાયોડ બ્રેકડાઉન વિસ્તારમાં કાર્યશીલ રહે.
- પરિપથમાં વાપરેલ ઝેનર ડાયોડ નો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z આઉટપુટ વોલટેજ V_O જેટલો હોવો જરૂરી છે. દા.ત. આઉટપુટ વોલટેજ 6 V **dc** મેળવવો હોય તો ઝેનર ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z પણ 6 **V** હોવો જોઈએ.
- પરિપથમાં દર્શાવ્યા મુજબ,

V_i = નિયમન વગરનો ઈનપુટ વોલ્ટેજ (**unregulated supply**)
$V_O = V_Z$ = આઉટપુટ DC વોલ્ટેજ
I_L = લોડ અવરોધ R_L માથીપસાર થતો પ્રવાહ
I_Z = ઝેનર ડાયોડ માથીપસાર થતો પ્રવાહ

- તેથી અવરોધ R માથી પસાર થતો કુલ પ્રવાહ $I = I_Z + I_L$ થશે .
- કિર્ચોફના નિયમ મુજબ, $V_i - I \cdot R = V_O = 0 \quad \therefore V_O = V_i - I \cdot R \ldots\ldots \;\; \ldots. \;\; (1)$

$$\therefore \; R = \frac{V_i - V_O}{I} = \frac{V_i - V_O}{I_Z + I_L} \quad \text{અથવા} \quad R = \frac{V_i - V_O}{I_Z + I_L}$$

- જ્યાં I_L લોડપ્રવાહનું સરેરાશ મૂલ્ય છે. આ પરિપથ, વોલ્ટેજ નિયામક તરીકે કેવી રીતે કાર્ય કરે છે તે સમજવા નીચેના બંને કિસ્સા વિચારીશું.

➢ V_i અચળ હોય અને I_L બદલાય ત્યારે:

- સમીકરણ -1 મુજબ

$$V_O = V_i - I \cdot R = V_i - (I_Z + I_L) \cdot R$$

- જ્યારે પરિપથમાં I_L નું મૂલ્ય વધે (એટલે કે R_Lનું મૂલ્ય ઘટે(ત્યારે ઝેનર પ્રવાહ I_Z નું મૂલ્ય તેટલા જ પ્રમાણમાં ઘટે છે. કારણકે પરિપથમાં કુલ પ્રવાહ $I = I_Z + I_L$ અચળ રહે છે.

A. R. Saradva

- સમીકરણ -1 પરથી જોઇ શકાય છે કે I અચળ હોવાથી R ના બે છેડા વચ્ચે નો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત)I_R) પણ અચળ રહે છે. પરિણામે આઉટપુટ વોલટેજ V_O પણ અચળ રહે છે.
- જ્યારે લોડપ્રવાહ I_L ઘટે ત્યારે, તેટલા જ પ્રમાણમાં ઝેનર પ્રવાહ I_Z વહે છે. પરિણામે I_R અચળ રહે છે. અને આઉટપુટ વોલટેજ પણ અચળ રહે છે. જ્યારે $I_L = 0$ હોય ત્યારે ઝેનર પ્રવાહ મહત્તમ $I_{Z\,max}$ હોય છે .અને $R = \frac{V_i - V_O}{I_{Z\,max}}$ થાય.

➢ અચળ હોય અને V_i બદલાય ત્યારે:

- પરિપથમાં R_L અચળ રાખતા લોડપ્રવાહ I_L અચળ રહે છે. જ્યારે ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_i વધે ત્યારે કુલ પ્રવાહ) $I = I_Z + I_L$) વધે છે. પરંતુ I_L અચળ હોવાથી વધારા નો પ્રવાહ ઝેનર ડાયોડ માંથી પસાર થાય છે. એટલે કે I_Z નું મૂલ્ય વધે છે. આથી R ના બે છેડા વચ્ચે નો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત)I_R) વધી જાય છે. પરિણામે આઉટપુટ વોલ્ટેજ અચળ રહે છે.
- જ્યારે ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_i ઘટે ત્યારે કુલ પ્રવાહ I ઘટે છે. અને તેટલા જ પ્રમાણમાં I_Z નું મૂલ્ય ઘટે છે. આથી I_R નું મૂલ્ય ઘટે છે. પરિણામે આઉટપુટ વોલટેજ V_O અચળ રહે છે.

➢ ઝેનર ડાયોડ પર તાપમાન ની અસર:

- આપણે જાણીએ છીએ કે દરેક અર્ધવાહક ના વિદ્યુતીય ગુણધર્મ તાપમાન પર આધારિત છે.
- આથી PN જંક્શન ડાયોડની લાક્ષણિકતા પણ તાપમાન પર આધારિત છે.
- ઝેનર ડાયોડની રિવર્સ લાક્ષણિકતામાં મળતો પ્રવાહ માઈનોરીટી ચાર્જ કેરિયરને લીધે મળે છે.
- જે ઉષ્મા ઉર્જાને લીધે ઉત્પન્ન થયેલા ઈલેક્ટ્રોન અને હોલ્સ ને કારણે છે.
- આથી ઝેનર ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z પણ તાપમાન પર આધાર રાખે છે.
- આકૃતિ-1 માં જુદા-જુદા ઝેનર વોલ્ટેજ માટે તાપીય ગુણાંક)Temperature coefficient) α_Z દર્શાવેલ છે.
- આ આલેખ સિલિકોન અર્ધવાહક માંથી બનાવેલ ઝેનર ડાયોડ માટે છે. આલેખ પરથી નીચેના ત્રણ મુદ્દા તારવી શકાય છે.

A. R. Saradva

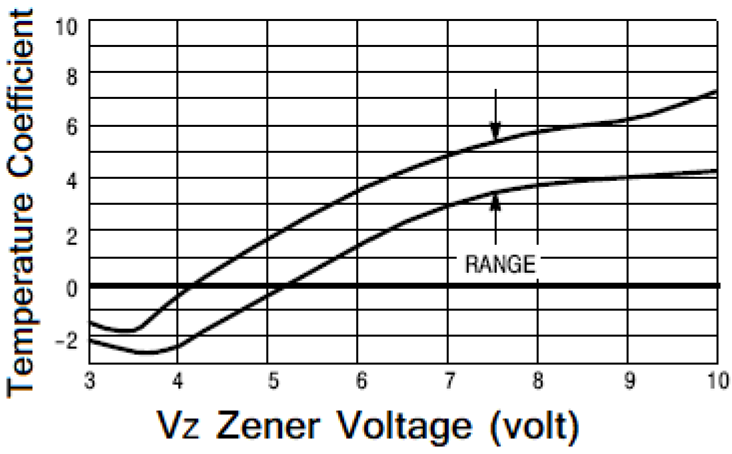


Fig:1

- **(1) 5 V થી ઓછા બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ધરાવતા ઝેનર ડાયોડનો તાપીય ગુણાંક α_Z ઋણ છે. એટલે કે જંકશન તાપમાન વધારતા ઝેનરવોલ્ટેજ V_Z ઘટે છે.**
- **(2) 6 V થી વધારે પર એકદમ વોલ્ટેજ ધરાવતા ઝેનર ડાયોડનો તાપીય ગુણાંક α_Z ધન છે. એટલે કે તાપમાન વધારતા તેનો ઝેનરવોલ્ટેજ V_Z વધે છે.**
- **(3) 5 V થી 6 V વચ્ચે ઝેનર ડાયોડ પર તાપમાન ની અસર નહિવત છે.**
- **5 V થી ઓછા ઝેનર વોલ્ટેજ ધરાવતા ડાયોડમાં ડેપ્લેશન સ્તર પાતળું હોય છે. અને તેમાં ઝેનર અસરને લીધે બ્રેક ડાઉન થાય છે. જંકશન તાપમાન વધારતાં સહસંયોજક બંધ માં રહેલા વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન ઊર્જા મેળવે છે. તેથી તે સહેલાઇથી સહસંયોજક બંધ માંથી છટકી જઈ શકે છે. આમ ડાયોડ ને ઝેનરવોલ્ટેજથી ઓછા વોલ્ટેજ આપતા તે સ્ફટિક લેટિસમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન ને સહેલાઇથી બહાર ખેંચી કાઢે છે. આથી આ પ્રકારના ડાયોડમાં તાપમાન વધારતા બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ઘટે છે. જે આકૃતિ 2- માં દર્શાવેલ છે.**
- **6 V થી વધુ ઝેનર વોલ્ટેજ ધરાવતા ડાયોડમાં ડેપ્લેશન સ્તર ની પહોળાઈ વધુ હોય છે. તેથી તીવ્રતા ઓછી હોય છે. આ પ્રકારના ડાયોડમાં એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે. જંકશન તાપમાન વધતા સ્ફટિકમાં રહેલા અણુઓ ના દોલનો વધે છે. આથી ઇલેક્ટ્રોનની અણુઓ સાથે અથડાવાની શક્યતાઓ વધે છે. પરિણામે આ અથડામણ દરમ્યાન ઇલેક્ટ્રોન પોતે ઉર્જા ગુમાવે છે. તેથી ઇલેક્ટ્રોન ને સહસંયોજક બંધ તોડવા માટે વધુ ઊર્જાની જરૂર પડે છે. એટલે એમ કહી શકાય કે ડાયોડમાં એવલેન્ચ પ્રક્રિયા શરૂ કરવા માટે વધુ રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ ની જરૂર પડે છે. આમ આ પ્રકારના ડાયોડમાં તાપમાન વધતા બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વધે છે. જુઓ આકૃતિ -2**

A.R.Saradva

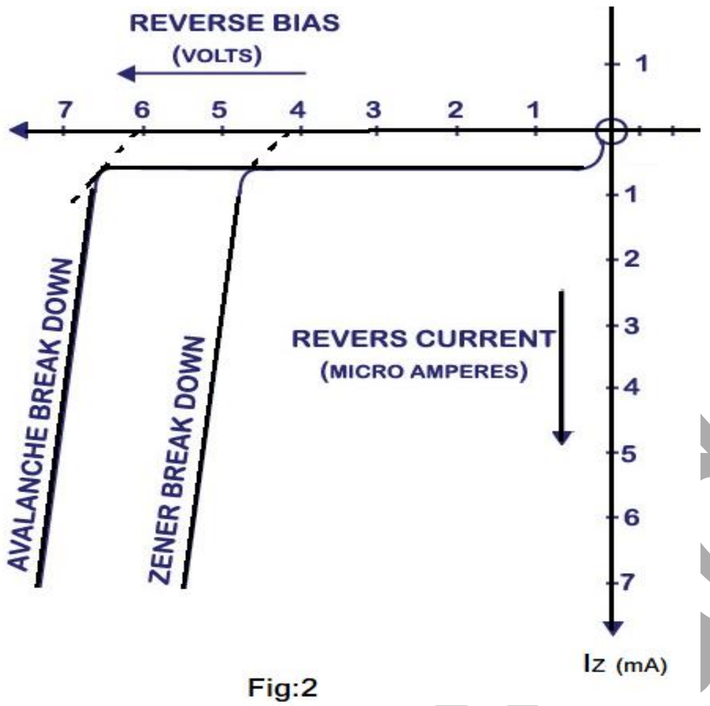


Fig:2

- 5 V થી 6 V વાળા ઝેનર ડાયોડમાં ઝેનર અસર તેમજ એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે. તેથી તાપમાન વધતા તેઓ એકબીજાની અસર ને નાબુદ કરે છે. પરિણામે તેના બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z પર તાપમાન ની અસર નહિવત થાય છે.

Examples:

Ex-1:

એક અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયરના પરિપથમાં જોડેલ ડાયોડનો ડાયનેમિક અવરોધ $R_f = 1.5\,\Omega$ છે. ટ્રાન્સફોર્મરના સેકન્ડરી ગુંચળાનો અવરોધ $R_S = 3\,\Omega$ છે. અને સેકન્ડરી ગુંચળા દ્વારા મળતા AC વૉલ્ટેજ $V_{rms} = 10\,V$ છે. તો રેક્ટીફાયર પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહની ગેરહાજરીમાં આઉટપુટ વૉલ્ટેજ, તેમજ જ્યારે લોડ પ્રવાહ 100 X 10^{-3} A થાય ત્યારે આઉટપુટ વૉલ્ટેજ ગણો. પરિપથ વૉલ્ટેજ રેગ્યુલેશન કેટલા ટકા હશે? અને રેક્ટીફિકેશન દર જ્યારે $R_L = 50\Omega$ હોય ત્યારે ગણો.

Solution:

$R_f = 1.5\,\Omega$, $R_S = 3\,\Omega$, $V_{rms} = 10\,V$

$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ પરથી $V_m = \sqrt{2} \times 10 = 14.14\,V$

જ્યારે પરિપથમાં લોડપ્રવાહ ગેરહાજર હોય ત્યારે $I_{dc} = 0$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} - I_{dc}(R_S + R_f + R_L) \qquad But \quad I_{dc} = 0$$

$$\therefore\ V_{No\,Load} = V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{14.14}{3.14} = 4.5\,V$$

જ્યારે લોડપ્રવાહ, $I_{dc} = 100 \times 10^{-3} A$ હોય ત્યારે

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} - I_{dc}(R_S + R_f) = \frac{14.14}{3.14} - 100 \times 10^{-3} \cdot (3.0 + 1.5)$$

$$V_{dc} = 4.5 - 0.150 = 4.35\,V$$

$$\therefore\ V_{Full\,Load} = V_{dc} = 4.35\,V$$

પરિપથનું વૉલ્ટેજ રેગ્યુલેશન (%) $= \frac{V_{No\,Load} - V_{Full\,Load}}{V_{Full\,Load}} \times 100$

પરિપથનું વૉલ્ટેજ રેગ્યુલેશન (%) $= \frac{4.5 - 4.35}{4.35} \times 100 = 3.45\,\%$

પરિપથમાં રેક્ટીફિકેશનનો દર અર્ધતરંગરેક્ટીફાયર માટે,

$$\eta = \frac{40.6}{1 - (R_f/R_L)} = \frac{40.6}{1 - ({1.5}/{50})} = 39.42\,\%$$

A.R.Saradva

Ex-2:

એક સ્ત્રોત પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર દ્વારા 100 mA- 20 Volt આપે છે. જો તેમાં સ્પંદ(Ripple) 1 % થી વધુ ન હોય તો તેમાં કેટલી ક્ષમતા નું કેપેસીટર જોડ્યુ હશે? (f = 50 Hz)

Solution:

અહી $V_{dc} = 20\,V$ તથા $I_{dc} = 100\,mA = 100 \times 10^{-3} A = 0.1\,A$ & $\gamma = 1\% = 0.01$ છે.

$$R_L = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = \frac{20\,V}{0.1\,A} = 200\,\Omega$$

$$\gamma = \frac{1}{4\sqrt{3}\,fR_LC}$$

$$C = \frac{1}{4\sqrt{3}\,fR_L\gamma} = \frac{1}{4 \times \sqrt{3} \times 50 \times 200 \times 0.01} = 1443\,\mu F$$

A. R. Saradva