1.1 దేశ ఆర్థిక మరియు సామాజిక అభివృద్ధిలో శక్తి యొక్క పాత్ర

ఆంగ్ల భాషలోని "Energy" అనే పదం "en-ergon" అనే గ్రీకు పదం నుండి పుట్టింది. "en-ergon" అనగా "in-work" అని అర్థము. కావున పనిచేసే సామర్థ్యాన్ని శక్తి అంటారు. శక్తి యొక్క S.I ప్రమాణాలు జౌల్.

శక్తి వనరులను వాటి దీర్ఘకాలిక లభ్యతను బట్టి రెండు రకాలుగా విభజిస్తారు.

అనుత్పాదక శక్తి వనరులు:

పరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత తిరిగి భర్తీ చేయలేని శక్తి వనరులను అనుత్పాదక శక్తి వనరులు అంటారు.

- అనుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యము మరియు గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తాయి. కావున వీటి వినియోగాన్ని క్రమేపీ తగ్గించాలి.

ఉదాహరణలు: బొగ్గు, చమురు, సహజ వాయువు, అణు శక్తి మొదలగునవి.

పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు: అపరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత తిరిగి సహజంగా భర్తీ కాబడే శక్తి వనరులను పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు అంటారు.

- పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యానికి దారితీయవు. కావున వీటి వినియోగాన్ని క్రమేపీ పెంచాలి.

ఉదాహరణలు: సౌర శక్తి, పవన శక్తి, జియో థర్మల్ శక్తి, జల శక్తి మొదలగునవి.

ప్రస్తుతం ప్రపంచవ్యాప్తంగా 80% శక్తి వినియోగం అనుత్పాదక శక్తి వనరుల నుండి లభిస్తుంది.

చారిత్రాత్మకంగా, మానవుని యొక్క ఆర్థిక మరియు సామాజిక అభివృద్ధిలో శక్తి కీలక పాత్ర వహించింది.ఆది మానవుని కాలం నుండి నేటి పారిశ్రామిక యుగం వరకూ మానవుని యొక్క శక్తి వినియోగం గణనీయంగా పెరిగింది.పారిశ్రామిక విప్లవానికి ముందు కలప మానవుని యొక్క ప్రాథమిక శక్తి వనరు. 1785 లో జేమ్స్ వాట్ అనే శాస్త్రవేత్త బొగ్గును మండించినపుడు విడుదలయ్యే శక్తితో పనిచేసే ఆవిరి యంత్రాన్ని కనుగొన్నాడు. ఈ ఆవిష్కరణ పారిశ్రామిక విప్లవానికి దారితీసింది. పారిశ్రామిక విప్లవం మానవుని ఆర్థిక మరియు సామాజిక అభివృద్ధిలో ఒక ముఖ్యమైన దశ. 19 వ శతాబ్ధం చివరిలో కనుగొన్న అంతర్గత దహన యంత్రం(Internal Combustion Engine) వల్ల పెట్రోల్, డీసిల్ మరియు సహజ వాయువు వంటి మరిన్ని శక్తి వనరుల వాడకం మొదలైంది.ఇదే విధంగా 1888 లో టెస్లా కనుగొన్న ఇండక్షన్ మోటార్ సహాయంతో యాంత్రిక శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చడం సాధ్యమైంది. ఈ ఆవిష్కరణ విద్యుత్ శకానికి దారితీసింది. ఈ విధంగా శక్తి వనరుల వినియోగం మానవుని ఆర్థిక మరియు సామాజిక అభివృద్ధిని వేగవంతం చేసింది.

తగినంత శక్తి వనరుల యొక్క లభ్యత సాంఘిక అభివృద్ధికి ఒక ప్రాథమిక అవసరం. తలసరి శక్తి వినియోగం అధికంగా గల దేశాల అక్షరాస్యతా శాతం అధికంగానూ మరియు తలసరి శక్తి వినియోగం తక్కువగా గల దేశాల అక్షరాస్యతా శాతం తక్కువగా ఉందని కనుగొనబడింది.ఉదాహరణకు, అక్షరాస్యతా శాతం అధికంగా గల అమెరికా యొక్క తలసరి శక్తి వినియోగం 12000 kWh/year కాగా అక్షరాస్యతా శాతం తక్కువగా గల ఇండియాలో తలసరి శక్తి వినియోగం 600 kWh/year. కావున తలసరి శక్తి వినియోగం సాంఘిక అభివృద్ధికి ఒక సూచికగా భావించవచ్చు.

శక్తి వనరుల లభ్యత మరియు వాటి వినియోగం దేశ ఆర్థిక అభివృద్ధికి కీలకం. ఒక దేశ ఆర్థిక అభివృద్ధి ఈ క్రింది రంగాలపై ఆధారపడుతుంది.

- ✓ వాణిజ్య రంగం
- ✓ పారిశ్రామిక రంగం
- ✓ గృహావసరాలు
- ✓ రవాణా రంగం

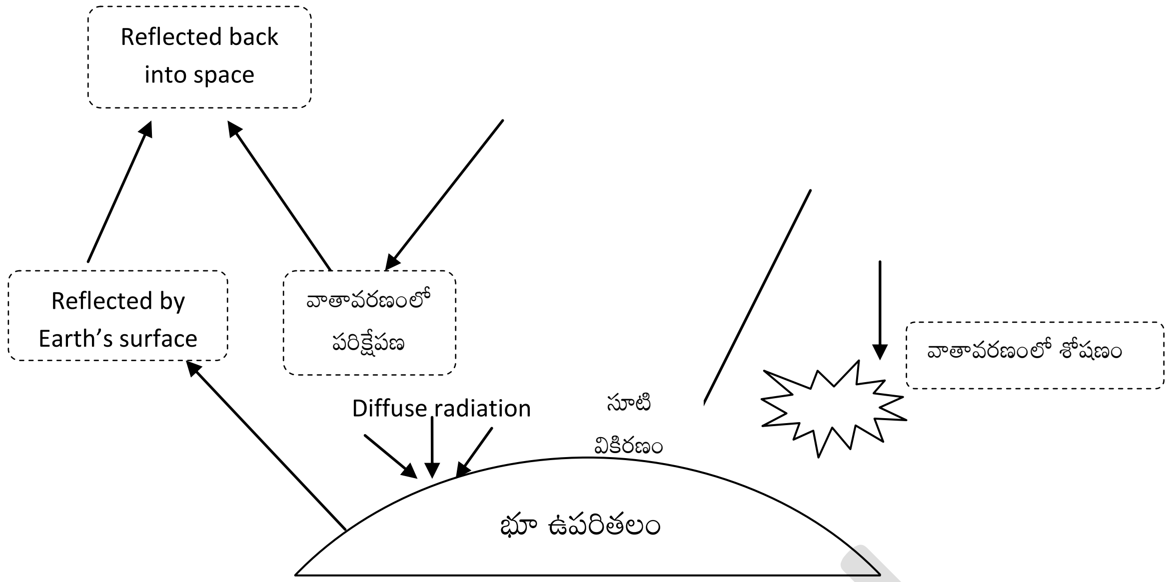
శక్తి వనరుల లభ్యత ఈ నాలుగు రంగాల అభివృద్ధికి దోహదపడి తద్వారా ఆర్థిక అభివృద్ధికి దారితీస్తుంది. మెరుగైన ఆరోగ్యం,విద్య, అధిక పారిశ్రామిక మరియు వ్యవసాయ ఉత్పాదకత ఆధునిక శక్తి వనరులతోనే సాధ్యమవుతుంది. కావున తలసరి శక్తి వినియోగం దేశ శ్రేయస్సుకు ఒక సూచిక.

నేడు ప్రపంచవ్యాప్తంగా సుమారు 1.2 బిలియన్ కోట్ల జనాభా ఆధునిక శక్తి వనరులు అందుబాటులో లేని కారణంగా పేదరికంలో నివసిస్తున్నారు. ప్రపంచ ఆర్థిక వ్యవస్థకు ఇది ఒక ముఖ్యమైన సవాల్. అంతే కాకుండా బొగ్గు, చమురు మరియు సహజ వాయువు వంటి సంప్రదాయ శక్తి వనరులు క్రమేపీ అంతరించిపోతున్నాయి. సౌర శక్తి, పవన శక్తి, జియో థర్మల్ శక్తి వంటి కాలుష్య రహిత ఉత్పాదక శక్తి వనరుల సహాయంతో ఆ సమస్యలను అధిగమించవచ్చు.

1.2 భూమి యొక్క శక్తి ప్రవాహ చిత్రం లేదా ఎనర్జీ ఫ్లో డయాగ్రమ్

భూమి సూర్యుని నుండి విద్యుదయస్కాంత వికిరరణం రూపంలో శక్తిని గ్రహిస్తుంది. భూమి యొక్క ఉపరితలం మరియు వాతావరణం కారణంగా సౌర వికిరణం యొక్క పరావర్తనము, శోషణము మరియు పరిక్షేపణ పటంలో చూపబడ్డాయి. దీనినే భూమి

యొక్క శక్తి ప్రవాహ చిత్రం లేదా ఎనర్జీ ఫ్లో డయాగ్రమ్ అంటారు.



- భూమిని చేరే సౌర వికిరణంలో కొంత భాగం భూమి యొక్క వాతావరణం కారణంగా తిరిగి అంతరిక్షంలోనికి పరావర్తనం చెందుతుంది.
- పరావర్తనం చెందకుండా వాతావరణంలోనికి ప్రవేశించిన వికిరణంలో కొంత భాగాన్ని కొన్ని వాయువులు శోషించుకుంటాయి. ఉదాహరణకు ఓజోన్, ఆక్సిజన్ వాయువులు అతినీలలోహిత కాంతిని శోషించుకోగా CO_2 పరారుణ కాంతిని శోషించుకుంటుంది.
- వాతావరణంలోనికి ప్రవేశించిన వికిరణంలో కొంత భాగం దుమ్ము కణాలు మరియు మేఘాల కారణంగా పరిక్షేపణ చెందుతుంది.
- పరిక్షేపణం మరియు శోషణం చెందని వికిరణం నేరుగా భూ ఉపరితలంపై పతనం చెందుతుంది. ఈ వికిరణాన్ని సూటి వికిరణం అంటారు.
- సూటి వికిరణంతో పాటూ, పరిక్షేపణం చెందిన వికిరణంలో కొంత భాగం భూ ఉపరితలాన్ని చేరుతుంది. ఈ వికిరణాన్ని పరిక్షేపణ వికిరణం లేదా డిఫ్యూస్ రేడియేషన్ అంటారు.

1.3 శక్తి ఉత్పత్తి మరియు వినియోగం వలన పర్యావరణ క్షీణత

ఏ రూపంలోని శక్తి వినియోగమైనా పర్యావరణాన్ని ప్రభావితం చేస్తుంది. ప్రపంచ శక్తి వినియోగంలో సుమారు 70% శిలాజ ఇంధనాల నుండి ఉత్పత్తి చేయబడుతుంది. కాని శిలాజ ఇంధనాలలో కార్బన్ అధికంగా ఉండటం వల్ల వాటిని మండించినపుడు అధిక మొత్తంలో CO_2 వాతావరణంలోనికి విడుదల అవుతుంది. ఇది పర్యావరణ క్షీణతకు దారితీస్తుంది.ఆది మానవుని కాలంతో పోలిస్తే నేడు మానవుని శక్తి అవసరాలు గణనీయంగా పెరగడం వల్ల శిలాజ ఇంధనాల వాడకం కూడా పెరిగింది. శిలాజ ఇంధనాల ఈ మితిమీరిన వినియోగం వల్ల పర్యావరణ కాలుష్యం ఏర్పడి మానవాళి మనుగడకు ముప్పుగా పరిణమించింది. మితిమీరిన శక్తి ఉత్పత్తి కారణంగా ఉత్పన్నమయ్యే పర్యావరణ సమస్యలలో గ్లోబల్ వార్మింగ్ మరియు ఓజోన్ పొర క్షీణత ముఖ్యమైనవి.

కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ , మీథేన్, నైట్రస్ ఆక్సైడ్ వంటి హరిత వాయువులు సౌర వికిరణంలోని పరారుణ కాంతిని శోషించుకుని భూ ఉపరితలాన్ని వెచ్చగా సుమారు 30^0C ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉంచడానికి దోహదపడతాయని మనకు తెలుసు. గ్రీన్ హౌస్ వాయువులు లేనిచో భూ ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత -18^0C గా ఉండి జీవరాశి మనుగడ సాధ్యమయ్యేది కాదు.కాని శిలాజ ఇంధనాల మితిమీరిన వినియోగం వల్ల వాతావరణంలో CO_2 పరిమాణం ప్రమాదకర స్థాయికి చేరుకుంది. వాతావరణంలో CO_2 పరిమాణం 1885 లో 280 ppm కాగా ప్రస్తుతం ఈ విలువ 400 ppm గా ఉంది. ఈ కారణంగా ఉష్ణ సమతుల్యత దెబ్బతిని భూ ఉపరితల సరాసరి ఉష్ణోగ్రత ప్రమాదకర స్థాయికి చేరుకుంది. దీనినే గ్లోబల్ వార్మింగ్ లేదా గ్లోబల్ క్లైమేట్ ఛేంజ్ అంటారు. బొగ్గు , చమురు, సహజ వాయువు వంటి శిలాజ ఇంధనాల మితిమీరిన వినియోగం వల్ల వాతావరణంలో CO_2 పరిమాణం పెరిగి గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తుంది. మొక్కలు CO_2 ను శోషించుకుంటాయి కావున అడవుల నరికివేత కూడా వాతావరణంలో CO_2 పరిమాణం పెరగడానికి తద్వారా గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తుంది. శిలాజ ఇంధనాల స్థానంలో సౌర శక్తి , పవన శక్తి , జల విద్యుచ్ఛక్తి వంటి కాలుష్య రహిత పునరుత్పాదక శక్తి వనరులను ఉపయోగించం ద్వారా ఈ సమస్యను అధిగమించవచ్చు.

మితిమీరిన శక్తి ఉత్పత్తి మరియు వినియోగం వల్ల ఉత్పన్నమయ్యే పర్యావరణ సమస్యలలో ఓజోన్ పొర క్షీణత కూడా ముఖ్యమైనది. ఓజోన్ పొర భూ ఉపరితలం నుండి 12 నుండి 25 kmల ఎత్తులో స్ట్రాటో ఆవరణంలో విస్తరించి ఉంది. ఇది సూర్యుని

నుండి వెలువడే అతినీలలోహిత కిరణాల నుండి మనల్ని రక్షిస్తుంది.ఓజోన్ అణువు అతినీలలోహిత కాంతిని శోషించుకుని ఆక్సిజన్ మరియు ఏకపరమాణుక ఆక్సిజన్ గా విచ్చిత్తి చెందడం ద్వారా అతినీలలోహిత కాంతి భూమిని చేరకుండా కాపాడుతుంది. శిలాజ ఇంధనాలను మండించడం వల్ల మరియు ఎయిర్ కండిషనింగ్ , శీతలీకరణి యంత్రాలలో ఉపయోగించే క్లోరో ఫ్లోరో కార్బన్ ల కారణంగా ఓజోన్ పొర క్షీణిస్తుంది. ఓజోన్ పొర ఇప్పటికే సుమారు 5 శాతం దెబ్బతింది. ఓజోన్ పొర క్షీణత దక్షిణ ధృవం వద్ద అధికంగా ఉంది. ఈ కారణంగా అతినీలలోహిత కిరణాలు భూ ఉపరితలాన్ని చేరి మానవాళికి హానికరంగా మారాయి.

2.1 ప్రపంచ శక్తి వనరులు లేదా భారత దేశంలో శక్తి వనరులు

ఆంగ్ల భాషలోని "Energy" అనే పదం "en-ergon" అనే గ్రీక పదం నుండి పుట్టింది. "en-ergon" అనగా "in-work" అని అర్థము. కావున పనిచేసే సామర్ధ్యాన్ని శక్తి అంటారు. శక్తి యొక్క S.I ప్రమాణాలు జౌల్.

ఒక దేశ ఆర్థిక మరియు సామాజిక అభివృద్ధిలో శక్తి కీలక పాత్ర వహిస్తుంది. ఒక దేశం యొక్క తలసరి శక్తి వినియోగాన్ని ఆ దేసం యొక్క ఆర్థిక శ్రేయస్సుకు ఒక సంకేతంగా భావిస్తారు. శక్తిని ముఖ్యంగా నాలుగు రంగాలలో ఉపయోగిస్తారు.

- వాణిజ్య రంగం
- పారిశ్రామిక రంగం
- గృహావసరాలు
- రవాణా రంగం

ఈ నాలుగు రంగాలలో పారిశ్రామిక రంగంలో శక్తి వినియోగం అధికంగా ఉంటుంది.

శక్తి వనరులను వాటి దీర్ఘకాలిక లభ్యతను బట్టి రెండు రకాలుగా విభజిస్తారు.

అనుత్పాదక శక్తి వనరులు:

పరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత తిరిగి భర్తీ చేయలేని శక్తి వనరులను అనుత్పాదక శక్తి వనరులు అంటారు.

- అనుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యము మరియు గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తాయి. కావున వీటి వినియోగాన్ని క్రమేపీ తగ్గించాలి.

ఉదాహరణలు: బొగ్గు, చమురు, సహజ వాయువు, అణు శక్తి మొదలగునవి.

పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు: అపరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత తిరిగి సహజంగా భర్తీ కాబడే శక్తి వనరులను పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు అంటారు.

- పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యానికి దారితీయవు. కావున వీటి వినియోగాన్ని క్రమేపీ పెంచాలి.

ఉదాహరణలు: సౌర శక్తి, పవన శక్తి, జియో థర్మల్ శక్తి, జల శక్తి మొదలగునవి.

ప్రస్తుతం ప్రపంచవ్యాప్తంగా 80% శక్తి వినియోగం అనుత్పాదక శక్తి వనరుల నుండి లభిస్తుంది.

ముఖ్యమైన శక్తి వనరులు:

1. బొగ్గు:
   - బొగ్గు ఒక ముఖ్యమైన అనుత్పాదక శక్తి వనరు
   - ఇది ఒక శిలాజ ఇంధనం.
   - కొన్ని లక్షల సంవత్సరాల పూర్వం భూమి ఉపరితలంపై గల మొక్కల వంటి సేంద్రీయ పదార్థాలు వాతావరణ మార్పుల కారణంగా భూమి లోపలకి చేరి కుళ్ళిపోయి భూమి యొక్క వేడి మరియు ఒత్తిడి కారణంగా ఒక పొరగా ఏర్పడి బొగ్గుగా రూపాంతరం చెందాయి.
   - బొగ్గులో ప్రధానంగా ఉండేది కార్బన్.
   - కార్బన్ శాతాన్ని బట్టి బొగ్గును పీట్, లిగ్నైట్, బిట్యూమినస్ మరియు ఆంత్రసైట్ గా వర్గీకరిస్తారు. ఆంత్రసైట్ అనునది అధిక కార్బన్ శాతం గల బొగ్గు.
   - బొగ్గును థర్మల్ పవర్ స్టేషన్ లలో విద్యుత్ ఉత్పత్తికి ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తారు.
   - ప్రపంచ వ్యాప్తంగా మొత్తం బొగ్గు నిల్వలు సుమారుగా 22.4×10^6 మిలియన్ టన్నులుగా అంచనా వేయబడ్డాయి.
   - USA లో ప్రపంచంలో అతిపెద్ద బొగ్గు నిక్షేపాలు ఉన్నాయి.
   - భారతదేశంలో బొగ్గు నిల్వలు అధికంగా ఝార్ఖండ్, యుపి, ఎంపీ, బీహార్ రాష్ట్రాలలో ఉన్నాయి.
   - ప్రస్తుత వినియోగ రేటుతో బొగ్గు 205 సంవత్సరాలు మాత్రమే ఉంటుంది.
   - బొగ్గు ఒక శిలాజ ఇంధనం కాబట్టి, బొగ్గును దహనం చేయడం వల్ల CO_2 ఉత్పత్తి అవుతుంది, ఇది గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు కారణమవుతుంది. అందువల్ల బొగ్గు వినియోగాన్ని భవిష్యత్తులో బాగా తగ్గించాలి.

GANESH

2. చమురు:

- చమురు అనేది ఒక అనుత్పాదక శక్తి వనరు.
- ఇది ఒక శిలాజ ఇంధనం. కొన్ని లక్షల సంవత్సరాల పూర్వం సముద్రాల దిగువున చనిపోయిన చిన్న జంతువులు మరియు మొక్కల వంటి సేంద్రియ పదార్ధాలు వాతావరణ మార్పుల కారణంగా భూమి లోపలకు చేరి కుళ్ళిపోయి భూమి యొక్క వేడి మరియు ఒత్తిడి కారణంగా ఒక ద్రవ పొరగా ఏర్పడి చమురుగా రూపాంతరం చెందాయి.
- చమురు ప్రధానంగా హైడ్రోకార్బన్స్ మరియు సల్ఫర్, ఆక్సిజన్,నత్రజని వంటి కొన్ని అకర్బన మూలకాల సంక్లిష్ట మిశ్రమాన్ని కలిగి ఉంటుంది.
- ముడి చమురును శుద్ధి చేసి పెట్రోలియమ్, డీసిల్ మరియు కిరోసిన్ లను తయారు చేస్తారు.
- చమురును ప్రధానంగా రవాణా రంగంలో ఉపయోగిస్తారు.
- ప్రపంచంలోని మొత్తం చమురు నిల్వలు 3100 బిలియన్ బ్యారెల్లుగా అంచనా వేయబడ్డాయి.
- వెనిజులా ప్రపంచంలో అతిపెద్ద చమురు నిక్షేపాలను కలిగి ఉంది.
- భారతదేశంలో అస్సాం, కృష్ణ-గోదావరి బేసిన్ మొదలైన వాటిలో చమురు నిల్వలు కనిపిస్తాయి.
- ప్రస్తుత వినియోగ రేటుతో ఆయిల్ 40 సంవత్సరాలు మాత్రమే ఉంటుంది
- చమురు ఒక శిలాజ ఇంధనం కావున , దానిని మండించడం వల్ల CO_2 ను విడుదల చేస్తుంది, ఇది గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు కారణమవుతుంది. అందువల్ల చమురు వినియోగాన్ని భవిష్యత్తులో తగ్గించాలి.

3. సహజ వాయువు:

- సహజ వాయువు ఒక అనుత్పాదక శక్తి వనరు. బొగ్గు, చమురు వంటి ఇతర శిలాజ ఇంధనాలతో పోలిస్తే ఇది తక్కువ కాలుష్యాన్ని కలుగజేస్తుంది.
- సహజ వాయువు ముడి చమురుతో పాటుగా లభ్యమవుతుంది.
- సహజ వాయువు ప్రధానంగా మీథేన్, ఈథేన్, ప్రొపేన్ తదితర వాయువులను కలిగి ఉంటుంది.
- సహజ వాయువును ప్రధానంగా థర్మల్ పవర్ స్టేషన్ లలో విద్యుత్ ఉత్పత్తికి ఉపయోగిస్తారు.
- ప్రపంచంలోని మొత్తం సహజవాయువు నిల్వలు 5500 ట్రిలియన్ క్యూబిక్ అడుగులు.
- రష్యాలో ప్రపంచంలోనే అతిపెద్ద సహజ వాయు నిల్వలు ఉన్నాయి.
- భారతదేశంలో బొంబాయి హై హరిన్ మరియు గుజరాత్ లో సహజ వాయువు నిల్వలు ఉన్నాయి.
- ప్రస్తుత వినియోగరేటుతో సహజ వాయువు నిల్వలు 53 సంవత్సరాలలో అంతరించిపోతాయి.

4. అణు శక్తి:

- అణు శక్తి (Nuclear energy) ఒక అనుత్పాదక శక్తి వనరు
- ఒక పెద్ద కేంద్రకం రెండు చిన్న కేంద్రకాలుగా విడిపోయే కేంద్రక విచ్ఛిత్తి చర్యలో ద్రవ్యరాశి శక్తిగా రూపాంతరం చెందుతుంది.
- ఐన్ స్టీన్ యొక్క ద్రవ్యరాశి-శక్తి తుల్యతా నియమం అణుశక్తి ఉత్పత్తికి మూలం.
- అణు శక్తి కర్మాగారంలో బ్రీడర్ రియాక్టర్ ను ఉపయోగించి విద్యుత్ ను ఉత్పత్తి చేస్తారు.
- అణు ఇంధనంగా యురేనియం మరియు ప్లుటోనియం యొక్క ఐసోటోప్ లను ఉపయోగిస్తారు.
- ప్రపంచంలో అణు విద్యుత్ ఉత్పత్తిలో USA అగ్రగామిగా ఉంది.

5. జల విద్యుత్ శక్తి:

- జల విద్యుత్ ఒక ఒక పునరుత్పత్తి శక్తి వనరు.
- టర్బైన్లను ఉపయోగించి నీటి యొక్క గతిశక్తిని యాంత్రిక శక్తిగా మార్చినప్పుడు ఇది ఉత్పత్తి అవుతుంది.
- దీనిని ప్రధానంగా విద్యుత్ ఉత్పత్తి కోసం ఉపయోగిస్తారు.
- ప్రపంచ విద్యుత్తు లో 16.5% జల విద్యుత్ రూపంలో ఉత్పత్తి అవుతుంది.
- చైనాలో 22.5 GW సామర్థ్యం ఉన్న ప్రపంచంలోనే అతిపెద్ద జలవిద్యుత్ స్టేషన్ ఉంది.
- జల విద్యుత్ కూడా సౌర శక్తి యొక్క మరొక రూపమే.
- ఇది పర్యావరణ కాలుష్యాన్ని కలిగించదు. కావున ఇది ఒక గ్రీన్ ఎనర్జీ.

2.2 పునరుత్పాదక శక్తి వనరుల యొక్క ఆవశ్యకత

ఆంగ్ల భాషలోని "Energy" అనే పదం "en-ergon" అనే గ్రీకు పదం నుండి పుట్టింది. "en-ergon" అనగా "in-work" అని అర్ధము. కావున పనిచేసే సామర్ధ్యాన్ని శక్తి అంటారు. శక్తి యొక్క S.I ప్రమాణాలు జౌల్.

GANESH

శక్తి వనరులను వాటి దీర్ఘకాలిక లభ్యతను బట్టి రెండు రకాలుగా విభజిస్తారు.

అనుత్పాదక శక్తి వనరులు:

పరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత తిరిగి భర్తీ చేయలేని శక్తి వనరులను అనుత్పాదక శక్తి వనరులు అంటారు.

- అనుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యము మరియు గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తాయి. కావున వీటి వినియోగాన్ని క్రమేపీ తగ్గించాలి.

ఉదాహరణలు: బొగ్గు, చమురు, సహజ వాయువు, అణు శక్తి మొదలగునవి.

పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు: అపరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత తిరిగి సహజంగా భర్తీ కాబడే శక్తి వనరులను పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు అంటారు.

- పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యానికి దారితీయవు. కావున వీటి వినియోగాన్ని క్రమేపీ పెంచాలి.

ఉదాహరణలు: సౌర శక్తి, పవన శక్తి, జియో థర్మల్ శక్తి, జల శక్తి మొదలగునవి.

ప్రస్తుతం ప్రపంచవ్యాప్తంగా 80% శక్తి వినియోగం అనుత్పాదక శక్తి వనరుల నుండి లభిస్తుంది. కాని అనుత్పాదక శక్తి వనరులకు అనేక ప్రతికూలతలు ఉన్నాయి.

అనుత్పాదక శక్తి వనరుల యొక్క ప్రధాన ప్రతికూలతలు:

- శిలాజ ఇంధనాలను మండించడం వల్ల CO2 పాటూ CO, NO_2, SO_2 వంటి ఇతర కాలుష్య కారకాలు వాతావరణంలోనికి విడుదల అవుతాయి. ఈ కారణంగా పర్యావరణ కాలుష్యముతో పాటూ అనేక ఆరోగ్య సమస్యలు తలెత్తుతాయి.
- శక్తి వినిమయ రేటు గణనీయంగా పెరగడం వల్ల అనుత్పాదక శక్తి వనరుల నిల్వలు వేగంగా తగ్గిపోయి శక్తి భద్రత (Energy Security) కు అవరోధం కలుగుతుంది.
- బొగ్గు ఒక విలువైన పెట్రో రసాయనం మరియు దీనిని వివిధ రసాయన, ఔషధ మరియు రంగుల పరిశ్రమలలో ముడి పదార్థంగా ఉపయోగిస్తారు.అందువలన బొగ్గు నిల్వలను శక్తి ఉత్పత్తికి మాత్రమే కాకుండా ఇతర భవిష్యత్ అవసరాలకు నిల చేయవలసిన ఆవశ్యకత ఉంది.
- అణుశక్తి కర్మాగారాల నుండి వెలువడే రేడియా ధార్మికత మరియు అణు వ్యర్థాలు పర్యావరణ కాలుష్యానికి దారితీస్తాయి.
- భారీ జల విద్యుత్ కేంద్రాల కారణంగా పర్యావరణ సమతుల్యం దెబ్బతినడమేకాక భూకంపాలు ఏర్పడే అవకాశం ఉంది.

  అనుత్పాదక శక్తి వనరుల యొక్క ఈ ప్రతికూలతల కారణంగా వీటి స్థానంలో పర్యావరణానికి అనుకూలమైన పునరుత్పాదక శక్తి వనరులను వినియోగించాల్సిన ఆవశ్యకత ఉంది.

పునరుత్పాదక శక్తి వనరుల యొక్క లాభాలు

- పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు ప్రకృతిలో సహజంగా లభ్యమయ్యే శక్తి వనరులు.
- ఇవి అపరిమితంగా ఉంటూ వినియోగం తర్వాత స్వల్ప కాలంలోనే తిరిగి సహజంగా భర్తీ కాబడతాయి.
- పునరుత్పాదక శక్తి వనరులు పర్యావరణ కాలుష్యాన్ని కలిగించవు. కావున వీటిని గ్రీన్ ఎనర్జీ సోర్సెస్ అంటారు.
- పునరుత్పాదక శక్తి యంత్రాల వ్యవస్థాపన మరియు నిర్వహణ సులభం.
- పునరుత్పాదక శక్తి వనరుల వినియోగం Foreign Exchange Reserves వాడకాన్ని తగ్గించి స్థానిక ఉపాధి కల్పనకు సహాయపడుతుంది.

  ఈ కారణంగా పర్యావరణ క్షీణత మరియు ఇంధన భద్రత సమస్యలను నివారించడానికి పునరుత్పాదక శక్తి వనరుల వినియోగాన్ని పెంచాలి.

3.1 పవన శక్తి ఉత్పత్తిలో ప్రాథమిక నియమము

గమనంలో ఉన్న వాయువును పవనము లేదా గాలి అంటారు. గమనంలో ఉన్న వస్తువుకు గతిశక్తి ఉంటుంది.కావున వాయువుకు గతి శక్తి ఉంటుంది. వాయువు యొక్క ఈ గతిశక్తిని విండ్ టర్బైన్ లను ఉపయోగించి విద్యుత్ శక్తిగా మార్చవచ్చును.

పవన శక్తి ఒక ముఖ్యమైన ఉత్పాదక శక్తి వనరు. సూర్యుని నుండి వెలువడే వికిరణం కారణంగా భూ ఉపరితలంపై గల వేరు వేరు ప్రాంతాలు అసమరీతిగా వేడెక్కుతాయి. భూమధ్య రేఖ వద్ద ఉష్ణోగ్రత అధికంగానూ మరియు ధ్రువాల వద్ద ఉష్ణోగ్రత స్వల్పంగానూ ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రతలలోని ఈ వ్యత్యాసాల కారణంగా పీడన వ్యత్యాసాలు ఏర్పడి పవనములు ఏర్పడతాయి. అనగా పవన శక్తి కూడా సౌర శక్తి యొక్క మరొక రూపమే. భూమిని చేరే సౌర శక్తిలో సుమారు రెండు శాతం పవన శక్తి గా మారుతుంది.

పవన శక్తి యొక్క ప్రయోజనాలు:

- ✓ పవన శక్తి ఒక ఉత్పాదక శక్తి వనరు. కావున ఇది ఎన్నటికీ అంతరించదు.
- ✓ పవన శక్తి ఒక గ్రీన్ ఎనర్జీ. దీని కారణంగా వాతావరణ కాలుష్యం ఏర్పడదు.

- ✓ పవన శక్తి ఉత్పత్తి కేంద్రాలను మారుమూల ప్రాంతాలలో కూడా స్థాపించవచ్చును.

పవన శక్తి యొక్క ప్రతికూల అంశాలు

- ✓ విండ్ టర్బైన్ యొక్క రూపకల్పన సంక్లిష్టం.
- ✓ గాలి వేగం ఎల్లప్పుడూ స్థిరంగా ఉండదు కావున విండ్ టర్బైన్ ఉత్పతి చేసే శక్తి కూడా అస్థిరంగా ఉంటుంది..

పవన శక్తి ఉత్పత్తిలోని ప్రాథమిక నియమం

- ➢ గాలి యొక్క గతి శక్తిని టర్బైన్ లను ఉపయోగించి యాంత్రిక శక్తిగా మారుస్తారు. ఈ యాంత్రిక శక్తిని ఒక జెనరేటర్ విద్యుత్ శక్తిగా మారుస్తుంది.

గాలి యొక్క వేగం V, సాంద్రత ρ మరియు టర్బైన్ గుండా గాలి ప్రయాణించే వైశాల్యం A అనుకొనుము.ప్రమాణ కాలంలో టర్బైన్ గుండా ప్రయాణించే గాలి యొక్క ద్రవ్యరాశి

$$m = \rho AV$$

$$\text{గతి శక్తి} = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}\rho AV.V^2 = \frac{1}{2}\rho AV^3$$

$$\text{పవన శక్తి} = \frac{1}{2}\rho AV^3$$

విండ్ టర్బైన్ యొక్క వ్యాసం D అనుకొనుము.

$$\text{వైశాల్యం } A = \pi\frac{D^2}{4}$$

$$\text{పవన శక్తి} = \frac{1}{2}\rho AV^3 = \frac{1}{2}\rho\left(\pi\frac{D^2}{4}\right)V^3 = \frac{1}{8}\rho\pi D^2V^3$$

$$\text{పవన శక్తి } \boldsymbol{P = \frac{1}{8}\rho\pi D^2V^3}$$

పై సమీకరణం గాలి నుండి ఉత్పత్తి చేయగల సైద్ధాంతిక గరిష్ట పవన శక్తి విలువను ఇస్తుంది. కాని ప్రయోగపూర్వకంగా విండ్ టర్బైన్ ను ఉపయోగించి ఈ మొత్తం శక్తిని రాబట్టలేము. ఈ గరిష్ట శక్తిలో$\frac{16}{27} = 59.3\ \%$ శక్తిని మాత్రమే ప్రయోగ పూర్వకంగా రాబట్టగలము. దీనినే గిల్బర్ట్ లిమిట్ లేదా బెట్జ్ గుణకము అంటారు.

పై సమీకరణం నుండి పవన శక్తి ఈ క్రింది అంశాలపై ఆధారపడుతుంది.

1. <u>గాలి సాంద్రత(ρ) :</u>
   పవన శక్తి గాలి సాంద్రత (ρ) కు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.
2. <u>విండ్ టర్బైన్ వ్యాసము (D):</u>
   పవన శక్తి విండ్ టర్బైన్ వ్యాసము (D) యొక్క వర్గానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. ఈ కారణంగానే విండ్ టర్బైన్ యొక్క బ్లేడ్స్ చాలా పెద్దవిగా ఉంటాయి.
3. <u>గాలి వేగము (V):</u>
   పవన శక్తి గాలి వేగము (V) యొక్క ఘనానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. కావున ఎక్కువ పవన శక్తిని ఉత్పత్తి చేయాలంటే విండ్ టర్బైన్ ను గాలి వేగం అధికంగా గల ప్రాంతాలలో ఏర్పటు చేయాలి. పవన శక్తి ఉత్పత్తికి అనువైన గాలి వేగం 5 m/s నుండి25 m/s.

కావున పవన శక్తి ఉత్పత్తిలోని ప్రాథమిక నియమాలు

- ✓ గాలి వేగం అధికంగా ఉండాలి.
- ✓ టర్బైన్ బ్లేడ్స్ యొక్క వ్యాసం అధికంగా ఉండాలి.
- ✓ విండ్ టర్బైన్ లోని వేరు వేరు భాగాలు మరియు పనిచేయు విధానము

<u>3.2 విండ్ టర్బైన్ లోని భాగాలు మరియు వాటి పనిచేయు విధానం</u>

గమనంలో ఉన్న వాయువును పవనము లేదా గాలి అంటారు . గమనంలో ఉన్న వస్తువుకు గతిశక్తి ఉంటుంది .కావున వాయువుకు గతి శక్తి ఉంటుంది. వాయువు యొక్క ఈ గతిశక్తిని విండ్ టర్బైన్ లను ఉపయోగించి విద్యుత్ శక్తిగా మార్చవచ్చును.

పవన శక్తి ఉత్పత్తిలోని ప్రాథమిక నియమం.

- ➢ గాలి యొక్క గతి శక్తిని టర్బైన్ లను ఉపయోగించి యాంత్రిక శక్తిగా మారుస్తారు . ఈ యాంత్రిక శక్తిని ఒక జెనరేటర్ విద్యుత్ శక్తిగా మారుస్తుంది.

భ్రమణాక్షం ఆధారంగా విండ్ టర్బైన్ లను రెండు రకాలుగా విభజిస్తారు.

క్షితిజ సమాంతర అక్ష విండ్ టర్బైన్: టర్బైన్ యొక్క భ్రమణాక్షం గాలి దిశకు సమాంతరంగా ఉంటే ఆ విండ్ టర్బైన్ ను క్షితిజ సమాంతర విండ్ టర్బైన్ అంటారు.

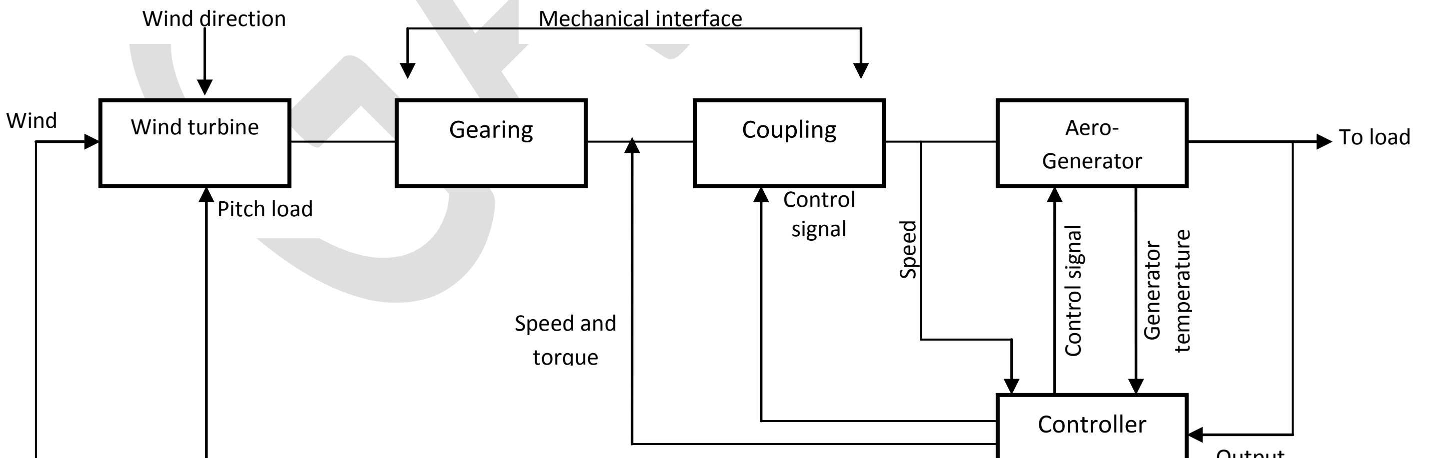
లంబ అక్ష విండ్ టర్బైన్: టర్బైన్ యొక్క భ్రమణాక్షం గాలి దిశకు లంబంగా ఉంటే ఆ విండ్ టర్బైన్ ను లంబ అక్ష విండ్ టర్బైన్ అంటారు.

సాధారణంగా పవన్ విద్యుత్ ఉత్పత్తిలో క్షితిజ సమాంతర అక్ష విండ్ టర్బైన్ లను ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తారు.

విండ్ టర్బైన్ లోని ముఖ్యమైన భాగాలు మరియు అవి పనిచేయు విధానము ఈ క్రింది విధంగా ఉంటుంది.

1. టర్బైన్ బ్లేడ్స్: విండ్ టర్బైన్ కు రెండు లేదా మూడు భ్రమణం చెందే బ్లేడ్స్ ఉంటాయి. ఈ బ్లేడ్స్ యొక్క భ్రమణం కారణంగా గాలి యొక్క గతిశక్తి భ్రమణ శక్తిగా మారుతుంది.సాధారణంగా ఈ బ్లేడ్స్ ను అధిక సాంద్రత గల గ్లాస్ ఫైబర్ పదార్ధంతో తయారుచేస్తారు. గాలి యొక్క గతిశక్తిలోని ఎక్కువ భాగాన్ని గ్రహించి భ్రమణ శక్తిగా మార్చడానికి ఈ బ్లేడ్స్ ను ఏరోడైనామిక్ నియమాల ఆధారంగా రూపొందిస్తారు. గాలి విండ్ టర్బైన్ ద్వారా ప్రయాణించేటపుడు ఈ బ్లేడ్స్ పై లిఫ్ట్ మరియు డ్రాగ్ అనే రెండు బలాలు పనిచేస్తాయి. ఏరోడైనామిక్ నియమాల ఆధారంగా బ్లేడ్స్ పై పనిచేసే లిఫ్ట్ గరిష్టంగానూ మరియు డ్రాగ్ కనిష్టంగా ఉండే విధంగా వాటిని రూపొందిస్తారు. సాధారణంగా ఒక విండ్ టర్బైన్ బ్లేడ్ యొక్క వ్యాసము 100m ఉంటుంది.
2. హబ్: రోటార్ యొక్క మధ్య భాగాన్ని హబ్ అంటారు. టర్బైన్ యొక్క బ్లేడ్స్ ఈ హబ్ కు కలపబడి ఉంటాయి.
3. నాసెల్లె: టర్బైన్ యొక్క హబ్ నాసెల్లె కు కలపబడి ఉంటుంది.నాసెల్లె లో గేర్ బాక్స్, బ్రేక్స్, జెనరేటర్ మరియు కంట్రోల్ బ్లాక్ ఉంటాయి.
   - గేర్ బాక్స్ షాఫ్ట్ యొక్క భ్రమణ వేగాన్ని పెంచుతుంది.
   - పవన్ విద్యుత్ అవసరం లేనపుడు టర్బైన్ ను ఆపడానికి ఈ బ్రేక్స్ ఉపయోగపడతాయి.
   - టర్బైన్ బ్లేడ్స్ యొక్క భ్రమణ శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చడానికి జెనరేటర్ ఉపయోగపడుతుంది. దీనిని ఏరో జెనరేటర్ అంటారు. ఈ జెనరెటర్ యొక్క ఔట్ పుట్ ను లోడ్ కు కలుపుతారు.
   - కంట్రోల్ బ్లాక్ గాలి వేగము, గాలి దిశ, ఔట్ పుట్ వోల్టేజ్ మరియు జెనరేటర్ ఉష్ణోగ్రతను కొలుస్తూ ప్రమాదకరమైన గాలుల నుండి టర్బైన్ ను సంరక్షించడానికి అవసరమైన విద్యుత్ సంకేతాలను పంపిస్తుంది.
4. యా కంట్రోల్ విధానము : గాలి యొక్క గతిశక్తిలోని ఎక్కువ భాగాన్ని గ్రహించడానికి టర్బైన్ బ్లేడ్స్ ఎల్లప్పుడూ గాలి వీచే దిశలోనే ఉండాలి. యా కంట్రోల్ గాలి యొక్క దిశను ఎల్లప్పుడూ కొలుస్తూ తదనుగుణంగా టర్బైన్ ఎల్లప్పుడూ గాలి వీచే దిశలో ఉండే విధంగా దానిని భ్రమణం చేస్తుంది.
5. టవర్: టర్బైన్ యొక్క రోటార్ మరియు నాసెల్లె ఒక ఎత్తైన టవర్ పై ఉంటాయి. ఎత్తు పెరిగే కొలదీ గాలి వేగం పెరుగుతుంది కావున విండ్ టర్బైన్ యొక్క టవర్ చాలా ఎత్తుగా ఉంటుంది.

విండ్ టర్బైన్ లోని వేరు వేరు భాగాలు మరియు పనిచేయు విధానము క్రింది పటంలో చూపబడింది.



3.3 పవన శక్తి యొక్క అనువర్తనాలు

యాంత్రిక అనువర్తనాలు:

- ✓ పవన శక్తిని మారుమూల ప్రాంతాలలో నీటి పంపింగ్ కు ఉపయోగిస్తారు. వీటినే విండ్ పంప్స్ అంటారు. విండ్ పంప్స్ ను ఉపయ్)గించి మారుమూల ప్రాంతాలలోణి పశువులకు, వ్యవసాయ అవసరాలకు, గృహావసరాలకు నీటీ సరఫరా చేస్తారు.
- ✓ విండ్ టర్బైన్ లు మరియు పాడిల్ వీల్స్ ను ఉపయోగించి పవన శక్తితో 100 శాతం దక్షతతో ఉష్ణశక్తిని ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.

GANESH

విద్యుత్ అనువర్తనాలు:

- ✓ తక్కువ సామర్ధ్యం గల విండ్ టర్బైన్ లను ఉపయోగించి వాటర్ హీటింగ్, బ్యాటరీ చార్జింగ్ మరియు ఫ్యాన్లు, లైట్లు వంటి చిన్న గృహోపకరణాలకు అవసరమైన విద్యుత్ ను ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.
- ✓ మధ్యస్థ సామర్ధ్యం గల విండ్ టర్బైన్ లను ఉపయోగించి నావిగేషన్ సంకేతాలు, సమాచార సంకేతాలు మరియు వాతావరణ కేంద్రాలకు అవసరమైన విద్యుత్ శక్తిని ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.
- ✓ అధిక సామర్ధ్యం గల విండ్ టర్బైన్ లను ఉపయోగించి గృహావసరాలకు మరియు చిన్న పరిశ్రమలకు అవసరమైన విద్యుత్ ను ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.
- ✓ కొన్ని మెగావాట్ల సామర్ధ్యం గల పెద్ద విండ్ టర్బైన్ల నుండి ఉత్పత్తి అయ్యే విద్యుత్ ను గ్రిడ్ కు అనుసంధానం చేస్తారు.

4.1 హైడ్రోజన్ శక్తి– విద్యుద్విశ్లేషణ ద్వారా హైడ్రోజన్ ఉత్పత్తి

ప్రపంచ వ్యాప్తంగా ఉత్పత్తి అయ్యే మొత్తం శక్తిలో సుమారు 70% శిలాజ ఇంధనాల నుండి ఉత్పత్తి అవుతుంది.కాని శిలాజ ఇంధనాలలో కార్బన్ శాతం అధికంగా ఉండటం వల్ల వాటిని మండించినపుడు అధిక మొత్తంలో CO2 వెలువడి గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తుంది.కావున హైడ్రోజన్ శక్తి వ్యవస్థ శిలాజ ఇంధనాలకు ఒక ప్రత్యామ్నాయంగా పనిచేస్తుంది. హైడ్రోజన్ వాయువును హెన్రీ కావెండిష్ అనే శాస్త్రవేత్త 1766 లో కనుగొన్నాడు.

హైడ్రోజన్ వాయువు నుండి శక్తిని ఉత్పత్తి చేసే ప్రక్రియలోని ప్రాథమిక నియమం ఈ క్రింద తెలుపబడింది.

- ➢ హైడ్రోజన్ వాయువు ఆక్సిజన్ వాయువుతో సమ్మేళనం చెందినపుడు జరిగే రసాయన చర్యలో నీటితో పాటు ఉష్ణశక్తి కూడా వెలువడుతుంది.ఇది ఒక ఉష్ణమోచక చర్య. ఈ చర్యలో వెలువడే ఉష్ణ శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మారుస్తారు.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O\ (Water) + (Heat)$$

విశ్వంలో ఎక్కువ సమృద్ధిగా ఉన్న మూలకం హైడ్రోజన్ అయినప్పటికీ, అది భూమి మీద స్వేచ్ఛా స్థితిలో లభ్యం కాదు. హైడ్రోజన్ యొక్క అధిక రసాయన క్రియాశీలత కారణంగా అది నీరు, శిలాజ ఇంధనాలు మరియు జీవ సంబంధ పదార్ధాలలో అధిక పరిమాణంలో నిక్షిప్తమై ఉంది. ఈ పదార్ధాలకు తగిన శక్తిని అందించి వాటిలోని పరమాణువుల మధ్య రసాయన బంధాలను విచ్చినం చేయడం ద్వారా హైడ్రోజన్ వాయువును ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.కావున హైడ్రోజన్ వాయువు నుండి శక్తిని ఉత్పత్తి చేయడానికి ముందుగా హైడ్రోజన్ వాయువును ఉత్పత్తి చేయాలి.

నీటి విద్యుద్విశ్లేషణ:

భూమిపై సమృద్ధిగా ఉన్న నీటి నుండి విద్యుద్విశ్లేషణ ద్వారా హైడ్రోజన్ వాయువును ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.

- ➢ నీటి గుండా విద్యుత్తును ప్రసరింపచేసి దానిని హైడ్రోజన్ మరియు ఆక్సిజన్ లుగా వేరు చేసే రసాయనిక ప్రక్రియను విద్యుద్విశ్లేషణ అంటారు.

విద్యుద్విశ్లేషణ ప్రక్రియలో ఆనోడ్, కాథోడ్ అనే రెండు ఎలక్ట్రోడ్ లు విద్యుద్విశ్లేష్యము అనే ఒక విద్యుత్ వాహక ద్రవంలో మునిగి ఉంటాయి. ఎలక్ట్రోడ్ లకు ఒక బ్యాటరీని కలుపుతారు.విద్యుద్విశ్లేష్యం గుండా విద్యుత్ ప్రసరించినపుడు నీరు హైడ్రోజన్ మరియు ఆక్సిజన్ వాయువులుగా విడిపోతుంది. హైడ్రోజన్ వాయువు కాథోడ్ వద్ద మరియు ఆక్సిజన్ వాయువు ఆనోడ్ వద్ద విడుదలవుతాయి. హైడ్రోజన్ వాయువు ఉత్పత్తి అయ్యే రేటు విద్యుత్ ప్రవాహానికి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది. అధిక మొత్తంలో హైడ్రోజన్ వాయువును ఉత్పత్తి చేయాలంటే విద్యుత్ ప్రవాహ సాంద్రత కూడా అధికంగా ఉండాలి.

విద్యుద్విశ్లేషణ ప్రక్రియలో జరిగే రసాయన చర్య ఈ క్రింద తెలుపబడింది.

$$2H_2O\ (Liquid) \longrightarrow 2H_2\ (Gas)\ (At\ cathode) + O_2(Gas)(At\ Anode) + (Heat)$$

ఆనోడ్ మరియు కాథోడ్ ల వద్ద జరిగే రసాయన చర్యలు ఈ క్రింద తెలుపబడ్డాయి.

కాథోడ్:

$$4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 \uparrow\ + 4\,OH^-$$

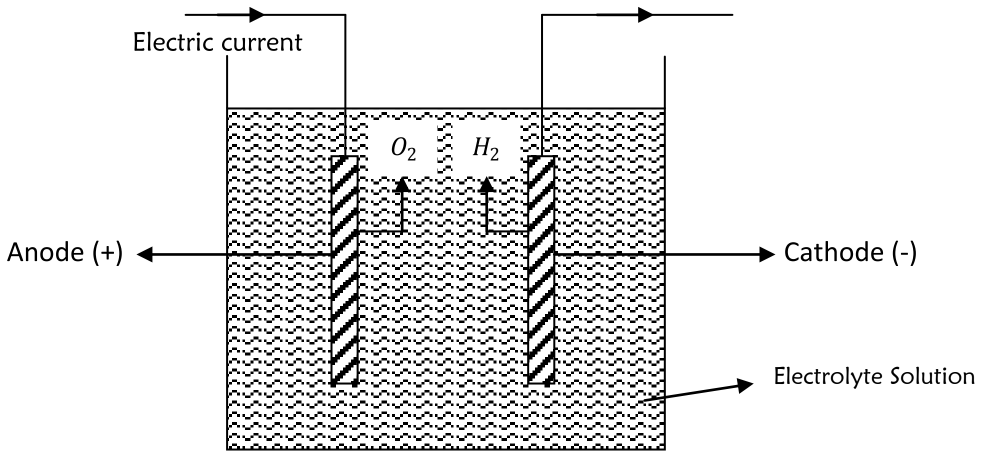
ఆనోడ్:

$$4\,OH^- \longrightarrow O_2 \uparrow\ + 2H_2O + 4e^-$$

విద్యుద్విశ్లేషణ ప్రక్రియ యొక్క దక్షతను ఈ క్రింది సమీకరణం సూచిస్తుంది.సాధారణంగా ఈ దక్షత విలువ 60 నుండి 70 శాతం మధ్య ఉంటుంది.

$$E = \frac{\text{ఉత్పత్తి అయిన హైడ్రోజన్ } (\mathrm{m}^3 \text{ లలో}) \times \mathrm{K}}{\text{పవర్ ఇన్ పుట్ } (\mathrm{kWh} \text{ లలో})} \times 100$$

ప్రయోగ పూర్వకంగా K విలువ $3.3\ \mathrm{kWh/m^3}$.



డికంపోజిషన్ వోల్టేజ్ ను తగ్గించడం ద్వారా విద్యుద్విశ్లేషణ దక్షతను పెంచవచ్చు. ఈ కారణంగా విద్యుద్విశ్లేషణ ప్రక్రియలో నికెల్ పూత పూసిన ఉక్కు ఎలక్ట్రోడ్ లను ఉపయోగిస్తారు. ఎలక్ట్రోడ్ లను ఒక దాని నుండి మరొక దానిని విద్యుత్ బంధనం చేయడానికి డయాఫ్రమ్ లను ఉపయోగిస్తారు. సాధారణంగా డయాఫ్రమ్ ను ఆస్బెస్టాస్ పదార్థంతో తయారుచేస్తారు.

విద్యుద్విశ్లేషణ ప్రక్రియలో హైడ్రోజన్ వాయువు విడుదల అవడానికి కావలసిన శక్తి 3.5 kWh/m^3

విద్యుద్విశ్లేషణ ప్రక్రియలలో రకాలు

- Alkaline electrolysis
- Membrane electrolysis
- High temperature steam

4.2 ఇంధనంగా హైడ్రోజన్ ఉపయోగాలు

ప్రపంచ వ్యాప్తంగా ఉత్పత్తి అయ్యే మొత్తం శక్తిలో సుమారు 70% శిలాజ ఇంధనాల నుండి ఉత్పత్తి అవుతుంది.కాని శిలాజ ఇంధనాలలో కార్బన్ శాతం అధికంగా ఉండటం వల్ల వాటిని మండించినపుడు అధిక మొత్తంలో CO2 వెలువడి గ్లోబల్ వార్మింగ్ కు దారితీస్తుంది.కావున హైడ్రోజన్ శక్తి వ్యవస్థ శిలాజ ఇంధనాలకు ఒక ప్రత్యామ్నాయంగా పనిచేస్తుంది. హైడ్రోజన్ వాయువును హెన్రీ కావెండిష్ అనే శాస్త్రవేత్త 1766 లో కనుగొన్నాడు.

హైడ్రోజన్ వాయువు నుండి శక్తిని ఉత్పత్తి చేసే ప్రక్రియలోని ప్రాథమిక నియమం ఈ క్రింద తెలుపబడింది.

హైడ్రోజన్ వాయువు ఆక్సిజన్ వాయువుతో సమ్మేళనం చెందినపుడు జరిగే రసాయన చర్యలో నీటితో పాట ఉష్ణశక్తి కూడా వెలువడుతుంది.ఇది ఒక ఉష్ణమోచక చర్య. ఈ చర్యలో వెలువడే ఉష్ణ శక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మారుస్తారు.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O\ (Water) + (Heat)$$

హైడ్రోజన్ ఇంధనం యొక్క లాభాలు:

- ✓ హైడ్రోజన్ హైడ్రోజన్ ఇంధనం అధిక శక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది.
- ✓ హైడ్రోజన్ శక్తి ఒక గ్రీన్ ఎనర్జీ. ఇది వాతావరణ కాలుష్యానికి దారితీయదు.
- ✓ పైప్ లైన్ల ద్వారా హైడ్రోజన్ ఇంధన సరఫరా మరియు పంపిణీ సులభం.
- ✓ భూమిపై అధిక శాతంలో గల సముద్ర నీటి నుండి హైడ్రోజన్ ఇంధనాన్ని ఎక్కువ మొత్తంలో ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.

హైడ్రోజన్ ఇంధనం యొక్క అనువర్తనాలు:

- హైడ్రోజన్ ను ఫ్యూయల్ సెల్ లో విద్యుత్ శక్తి ఉత్పతికి ఉపయోగిస్తారు.
- విమానాలు మరియు రాకెట్ లలో ద్రవ హైడ్రోజన్ ను ఇంధనంగా ఉపయోగిస్తారు.
- హైడ్రోజన్ ను వాటర్ హీటర్లలోనూ మరియు ఎయిర్ కండిషనింగ్ యంత్రాలలో ఉపయోగిస్తారు.
- హైడ్రోజన్ ను పెట్రోలియం శుద్ధి చేయుటలో ఉపయోగిస్తారు.
- హైడ్రోజన్ ను నూనెలు మరియు ఎరువుల తయారీలో ఉపయోగిస్తారు.
- హైడ్రోజన్ ను జెనరేటర్ లలో ఉపయోగిస్తారు.

హైడ్రోజన్ ఇంధనం యొక్క ప్రతికూలతలు:

- హైడ్రోజన్ ఇంధన వాణిజ్య ఉత్పత్తి ఖరీదైనది.
- హైడ్రోజన్ వాయువు యొక్క అధిక క్రియాశీలత కారణంగా ఇది ప్రేలుడు స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

బయోమాస్

భూ భాగము మరియు నీటి పై గల మొక్కలు మరియు జంతువుల నుండి సేకరించిన సేంద్రీయ పదార్ధాన్ని బయోమాస్ అంటారు. బయోమాస్ నుండి ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తిని బయోమాస్ శక్తి అంటారు. బయోమాస్ ఒక అతిపెద్ద శక్తి వనరు.

ఉదాహరణలు: వ్యవసాయ మరియు అటవీ అవశేషాలు, జంతువుల వ్యర్థాలు మొదలగునవి.

- ✓ మొక్కలు సౌరశక్తిని ఉపయోగించి కిరణజన్యసంయోగక్రియ అనే ప్రక్రియ ద్వారా ఆహారాన్ని తయారుచేసుకుంటాయి. జంతువులు తమ ఆహారాన్ని మొక్కల నుండి గ్రహిస్తాయి. కావున బయోమాస్ కూడా సౌరశక్తి యొక్క మరొక రూపమే.

  సౌరశక్తి → కిరణజన్యసంయోగక్రియ → బయోమాస్→ శక్తి

- ✓ బయోమాస్ ఒక ఉత్పాదక శక్తి వనరు.ఇది వినియోగం తర్వాత శిలాజ ఇంధనాల వలె కాకుండా స్వల్ప కాలంలోనే సహజంగా తిరిగి పునరుద్ధరించబడుతుంది.
- ✓ బయోమాస్ ఒక గ్రీన్ ఎనర్జీ. బయోమాస్ ను మండించినపుడు అది జీవించి ఉన్నప్పుడు ఎంతైతే కార్బన్ ను శోషించుకుందో అంతే కార్బన్ ను వాతావరణంలోనికి విడుదల చేస్తుంది. కావున బయోమాస్ కారణంగా వాతావరణంలోనికి అదనంగా కార్బన్ విడుదలవ్వదు.

5.1 బయోమాస్ వనరులు

భూమి మరియు నీటి పై గల మొక్కలు మరియు జంతువుల నుండి సేకరించిన సేంద్రీయ పదార్ధాన్ని బయోమాస్ అంటారు. బయోమాస్ నుండి ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తిని బయోమాస్ శక్తి అంటారు.

ఉదాహరణలు: వ్యవసాయ మరియు అటవీ అవశేషాలు, జంతువుల వ్యర్థాలు మొదలగునవి.

బయోమాస్ ఒక అతిపెద్ద శక్తి వనరు. ఒక అంచనా ప్రకారం ఒక సంవత్సర కాలంలో భూమిపై ఉత్పత్తి అయ్యే మొత్తం బయోమాస్ లో 1/8 వంతుతో మానవాళి యొక్క మొత్తం శక్తి అవసరాలను తీర్చవచ్చు.

బయోమాస్ యొక్క ముఖ్య వనరులు:

1. **అడవులు:**
   - ➢ అడవులు బయోమాస్ యొక్క ముఖ్య వనరు.
   - ➢ అడవుల నుండి లభించే కలప, బొగ్గు మరియు ఇతర పదార్థాలు కాగితం మిల్లులు మరియు ఇతర పరిశ్రమలకు ముడిపదార్ధంగా పనిచేస్తాయి.
   - ➢ వేగంగా పెరిగే వంటి చెట్లను బయోమాస్ శక్తి కోసం ప్రత్యేకంగా సాగుచేస్తారు.
   - ➢ అడవులలోని కొన్ని మొక్కల నుండి ఉత్పత్తి అయ్యే నూనెను బయో డీసిల్ గా ఉపయోగిస్తారు.
   - ➢ అటవీ అవశేషాల యొక్క కెలోరిఫిక్ విలువ కలపకు నుండి గా ఉంటుంది.
2. **వ్యవసాయ అవశేషాలు:**
   - ➢ గడ్డి, బియ్యం ఊక, కొబ్బరి షెల్, వేరుశనగ, చెరకు వంటి వ్యవసాయ అవశేషాలను బయోమాస్ శక్తి ఉత్పత్తికి ఉపయోగిస్తారు.
   - ➢ వ్యవసాయ అవశేషాలను బ్రికెట్స్ లేదా పెల్లెట్స్ గా మార్చి ఇంధనాలుగా ఉపయోగించవచ్చు. వీటిని జీవ ఇంధనాలు అంటారు.
   - ➢ వ్యవసాయ అవశేషాలను గాసిఫికేషన్ అనే ప్రక్రియ ద్వారా వాయు రూపంలోనికి మార్చి ప్రొడ్యూసర్ గాస్ ను ఉత్పత్తి చేస్తారు. ఈ ప్రొడ్యూసర్ గాస్ ను జీవ ఇంధనంగా ఉపయోగిస్తారు.
3. **శక్తి పంటలు (Energy** crops):
   - ➢ జీవ ఇంధనాలకు అవసరమైన ముడిపదార్ధాన్ని ఉత్పత్తి చేయడానికి ప్రత్యేకంగా కొన్ని మొక్కలను సాగుచేస్తారు. దీనినే శక్తి వ్యవసాయం అంటారు. ఆ పంటలను శక్తి పంటలు అంటారు.శక్తి పంతలను ప్రధానంగా మూడు రకాలుగా విభజిస్తారు. షుగర్ మొక్కలు, స్టార్చ్ మొక్కలు మరియు చమురు ఉత్పత్తి మొక్కలు
   - ➢ షుగర్ మొక్కలలో చెరకు, తీపి జొన్న, పంచదార దుంపలు వంటి మొక్కలను బయో ఇథనాల్ ఉత్పత్తికి ముడిపదార్ధంగా ఉపయోగిస్తారు.
   - ➢ స్టార్చ్ మొక్కలలో Jerusalem artichoke, Cassava, మొక్కజొన్న మరియు బార్లీ, బియ్యం, గోధుమ గింజలను బయో ఇథనాల్ ఉత్పత్తికి ముడి పదార్ధంగా ఉపయోగిస్తారు.
   - ➢ చమురు ఉత్పత్తి మొక్కలలో పొద్దు తిరుగుడు, వేరు శనగ, ప్రత్తి వంటి మొక్కలను జీవ ఇంధనంగా ఉపయోగిస్తారు.
4. నీటి మొక్కలు:
   - ➢ నీటిలో పెరిగే కొన్ని మొక్కలను ఇథనాల్ లేదా బయోగాస్ ఉత్పత్తికి ముడిపదార్ధంగా ఉపయోగిస్తారు.
   - ➢ ఈ మొక్కలకు ఉదాహరణలు hyacinth, kelp, seaweed and algae.

5. పట్టణ వ్యర్ధాలు:

- పట్టణ వ్యర్ధాలను బయోమాస్ గా ఉపయోగించవచ్చు.
- పట్టణ వ్యర్ధాలను రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చు; మునిసిపల్ ఘన వ్యర్ధాలు మరియు సీవేజ్
- మునిసిపల్ ఘన వ్యర్ధాల నుండి దహన ప్రక్రియ ద్వారా బయోమాస్ శక్తిని ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.
- సీవేజ్ నుండి బయోగ్యాస్ ను ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.

5.2 బయోమాస్ మార్పిడి (బయోమాస్ కన్వర్షన్)

బయోమాస్ నుండి శక్తిని ఉత్పత్తి చేసే ప్రక్రియను బయోమాస్ మార్పిడి (బయోమాస్ కన్వర్షన్) అంటారు.బయోమాస్ కన్వర్షన్ ను నాలుగు రకాలుగా విభజిస్తారు.

- ✓ సాంద్రీకరణ
- ✓ దహనము మరియు భస్మీకరణము
- ✓ ఉష్ణ-రసాయన మార్పిడి
- ✓ జీవ-రసాయన మార్పిడి

జీవ-రసాయన మార్పిడి

బాక్టీరియ, ఈస్ట్ వంటి సూక్ష్మ జీవుల జీవక్రియలను ఉపయోగించి బయోమాస్ ను ద్రవ లేదా వాయు ఇంధనంగా మార్చే ప్రక్రియను జీవ-రసాయన మార్పిడి అంటారు.
జీవ రసాయన మార్పిడి రెండు రకాలు

- ✓ ఆరోబిక్ జీవ-రసాయన మార్పిడి
- ✓ ఆనారోబిక్ జీవ-రసాయన మార్పిడి

ఆనారోబిక్ బయో కన్వర్షన్ (లేదా) వాయురహిత బయో కన్వర్షన్:

ఆనారోబిక్ అనగా ఆక్సిజన్ లేనపుడు అని అర్ధము . కావున ఆక్సిజన్ రహిత పరిస్థితులలో బాక్టీరియా యొక్క జీవ క్రియలను ఉపయోగించి బయోమాస్ ను క్షయకరణం చేసే ప్రక్రియను ఆనారోబిక్ బయో కన్వర్షన్ లేదా వాయు రహిత బయో కన్వర్షన్ అంటారు .ఈ ప్రక్రియను వాయు రహిత కిణ్వ ప్రక్రియ అని కూడా అంటారు. ఈ ప్రక్రియలో అధిక తేమ శాతం కలిగిన బయోమాస్ మరియు జంతువుల వ్యర్ధాలు డైజెస్టర్ అని పిలవబడే ఒక మూసిన ట్యాంక్ లో బాక్టీరియా కారణంగా క్షయకరణం చెందుతాయి . కొన్ని రోజుల తర్వాత ఈ బయోమాస్ బాక్టీరియా యొక్క జీవక్రియల కారణంగా బయోగ్యాస్ గా మారుతుంది.

ఈ ప్రక్రియ రెండు రకాల సూక్ష్మజీవులతో రెండు దశలలో జరుగుతుంది. సేంద్రీయ పదార్ధం మొదటి దశలో ఫ్యాటీ ఆసిడ్స్, ఆల్కహాల్, చక్కెర, H_2 మరియు CO_2 గా జల విశ్లేషణ చెందుతుంది. ఈ పదార్ధాలు రెండవ దశలోని సూక్ష్మ జీవుల కారణంగా మీథేన్ మరియు CO_2 ను విడుదల చేస్తాయి. ఈ మిశ్రమం యొక్క ఉష్ణోగ్రత $30\text{-}55^0\ C$ మధ్య ఉంటుంది. కావున ఈ ప్రకియలో హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వంటి మలినాలతో పాటూ అధిక మొత్తంలో మీథేన్ మరియు CO_2 ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ ప్రక్రియలో ఏర్పడిన బయోగ్యాస్ ను నేరుగా దహనం చేయటం ద్వారా శక్తిని రాబట్టవచ్చు లేదా మరియు ఇతర మలినాలను తొలగించి దానిని ఇంధనంగా ఉపయోగించవచ్చు. డైజెస్టర్ ట్యాంక్ లోని మిగిలిన అవశేషంలో ప్రోటీన్ అధికంగా ఉండటం వల్ల దానిని జంతువులకు ఆహారంగానూ లేదా ఎరువుగా ఉపయోగిస్తారు. ఈ ప్రక్రియకు అనువైన బయోమాస్ పదార్ధాలలో ఆల్గే, మొక్కల అవశేషాలు మరియు తేమ అధికంగా గల ఇతర సేంద్రీయ పదార్ధాలు ముఖ్యమైనవి.

Wet biomass ⟶ Biogas (Largely CH_4 and CO_2)

ఆరోబిక్ బయో కన్వర్షన్:

నియంత్రిత ఆక్సిజన్ సమక్షంలో బాక్టీరియా యొక్క జీవక్రియలను ఉపయోగించి బయోమాస్ ను క్షయకరణం చేసే ప్రక్రియను ఆరోబిక్ బయో కన్వర్షన్ అంటారు. ఈ ప్రక్రియలో ఆహార వ్యర్ధాలను నియంత్రిత ఆక్సిజన్ సమక్షంలో సేంద్రీయ ఎరువుగా మారుస్తారు. pH విలువ తటస్థంగా ఉంచడానికి ఈ ప్రక్రియ ప్రారంభంలో బయోమాస్ కు 5% CaCo3 కలుపుతారు. ఈ ప్రక్రియలో CO_2, NH_3 వంటి వాయువులతో పాటూ అధిక మొత్తంలో ఉష్ణ శక్తి విడుదలవుతుంది. ఈ ప్రక్రియ యొక్క తుది ఉత్పత్తిని ఎరువుగా ఉపయోగిస్తారు.

5.3 పైరాలిసిస్

- బయోమాస్ నుండి ఉష్ణ-రసాయన మార్పిడి పద్ధతి ద్వారా శక్తిని పొందే ప్రక్రియను పైరాలిసిస్ అంటారు.
- ఉష్ణ-రసాయన మార్పిడి పద్ధతిలో అధిక ఉష్ణోగ్రత మరియు పీడనాలను ఉపయోగించి బయోమాస్ ను క్షయకరణం చెందిస్తారు.

- పైరాలిసిస్ ప్రకియలో బయోమాస్ ను ఆక్సిజన్ రహిత లేదా నియంత్రిత ఆక్సిజన్ సమక్షంలో 600^{0} C నుండి 1000^{0}C కు వేడి చేస్తారు. ఈ ప్రకియలో మూడు రకాల ఇంధనాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి.
  1. వాయు మిశ్రమం
  2. నూనె వంటి ద్రవం
  3. కార్బన్ అధికంగా గల బొగ్గు
- అనువర్తిత పీడన, ఉష్ణోగ్రతలను బట్టి ఉత్పత్తి అయ్యే ఇంధన స్వభావం ఆధారపడి ఉంటుంది. అధిక ఉష్ణోగ్రతా పైరాలిసిస్ లో అధిక శాతం వాయు మిశ్రమం ఏర్పడుతుంది. దీనినే గాసిఫికేషన్ అంటారు.
- అల్ప ఉష్ణోగ్రతా పైరాలిసిస్ లో అధిక శాతం చార్ కోల్ ఏర్పడుతుంది. దీనినే కర్బనీకరణం అంటారు.
- ఈ ప్రక్రియలో రబ్బర్, ప్లాస్టిక్ తో పాటూ అన్ని రకాల సేంద్రీయ పదార్థాలను ఇంధనంగా మార్చవచ్చు.

5.4 గ్యాసిఫికేషన్

- అధిక ఉష్ణోగ్రత పైరాలిసిస్ ను గ్యాసిఫికేషన్ అంటారు. గ్యాసిఫికేషన్ ప్రక్రియలో బయోమాస్ ను నియంత్రిత ఆక్సిజన్ సమక్షంలో 1000^{0}C అధిక ఉష్ణోగ్రతకు వేడి చేస్తారు.
- ఈ ప్రక్రియలో ఏర్పడే వాయు మిశ్రమాన్ని ప్రొడ్యూసర్ గ్యాస్ అంటారు.
- ప్రొడ్యూసర్ గ్యాస్ H_2, CO, CH_4, CO_2 మరియు N_2 వాయువుల మిశ్రమం.
- ఘన బయోమాస్ కంటే ప్రొడ్యూసర్ గ్యాస్ ఉపయోగం అధికంగా ఉంటుంది.
- ప్రొడ్యూసర్ గ్యాస్ ను దహనం చేయడం ద్వారా ఉష్ణ శక్తిని ఉత్పత్తి చేయవచ్చు.
- ప్రొడ్యూసర్ గ్యాస్ ను అంతర్గత దహన యంత్రాలలో లేదా వాయు టర్బైన్ లలో విద్యుత్ ఉత్పత్తికి ఉపయోగిస్తారు.

5.5 బయోమాస్ యొక్క ధర్మాలు లేదా లక్షణాలు

- భూమి మరియు నీటి పై గల మొక్కలు మరియు జంతువుల నుండి సేకరించిన సేంద్రీయ పదార్థాన్ని బయోమాస్ అంటారు. బయోమాస్ నుండి ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తిని బయోమాస్ శక్తి అంటారు.
- ఉదాహరణలు: వ్యవసాయ మరియు అటవీ అవశేషాలు, జంతువుల వ్యర్థాలు మొదలగునవి.
- బయోమాస్ ఒక అతిపెద్ద శక్తి వనరు. ఒక అంచనా ప్రకారం ఒక సంవత్సర కాలంలో భూమిపై ఉత్పత్తి అయ్యే మొత్తం బయోమాస్ లో $1/8$ వంతుతో మానవాళి యొక్క మొత్తం శక్తి అవసరాలను తీర్చవచ్చు.
- మొక్కలు సౌరశక్తిని ఉపయోగించి కిరణజన్యసంయోగక్రియ అనే ప్రక్రియ ద్వారా ఆహారాన్ని తయారుచేసుకుంటాయి. జంతువులు తమ ఆహారాన్ని మొక్కల నుండి గ్రహిస్తాయి. కావున బయోమాస్ కూడా సౌరశక్తి యొక్క మరొక రూపమే.
- బయోమాస్ ఒక ఉత్పాదక శక్తి వనరు.ఇది వినియోగం తర్వాత శిలాజ ఇంధనాల వలె కాకుండా స్వల్ప కాలంలోనే సహజంగా తిరిగి పునరుద్ధరించబడుతుంది.
- బయోమాస్ ఒక గ్రీన్ ఎనర్జీ. బయోమాస్ ను మండించినపుడు అది జీవించి ఉన్నప్పుడు ఎంతైతే కార్బన్ ను శోషించుకుందో అంతే కార్బన్ ను వాతావరణంలోనికి విడుదల చేస్తుంది. కావున బయోమాస్ కారణంగా వాతావరణంలోనికి అదనంగా కార్బన్ విడుదలవ్వదు.

5.6 బయోగ్యాస్ యొక్క అనువర్తనాలు

- బయోగ్యాస్ లో 60 % మీథేన్ తో పాటూ కార్బన్ డైఆక్సైడ్, నైట్రోజన్, హైడ్రోజన్ ఉంటాయి.
- బయోగ్యాస్ ను ముఖ్యంగా కుకింగ్ కు ఉపయోగిస్తారు.
- బయోగ్యాస్ ను ఫ్యూయల్ సెల్స్ లో ఆక్సీకరణకారిగా విద్యుత్ ఉత్పత్తికి ఉపయోగిస్తారు.
- బయోగ్యాస్ ను పెట్రోల్ మరియు డీజిల్ ఇంధనాలకు ప్రత్యామ్నాయంగా ఆటోమొబైల్స్ లో ఉపయోగించవచ్చు.

ఇంజన్లలో బయోగ్యాస్ ను ఉపయోగించడం వల్ల ప్రయోజనాలు:

- ✓ ఇంజన్లలో బయోగ్యాస్ ను ఉపయోగించదం వల్ల దహన ప్రక్రియ స్వచ్ఛంగా జరిగి ఇంజన్ భాగాల మన్నిక పెరుగుతుంది.
- ✓ కందెన చమురు వినియోగం తగ్గుతుంది.
- ✓ ఉద్గారం కూడా తగ్గుతుంది.

GANESH