11. Pengukuran Besaran Listrik
GENERATOR SINYAL

11.1 Generator Sinyal Standar

Generator sinyal standar sering digunakan untuk :

- Pengukuran penguatan
- Lebar pita (*bandwidth*)
- Perbandingan sinyal terhadap derau (*signal to noise ratio, S/N*)
- Perbandingan gelombang diam (*SWR - Standing Wave Ratio*) dan
- Sifat-sifat rangkaian lainnya.

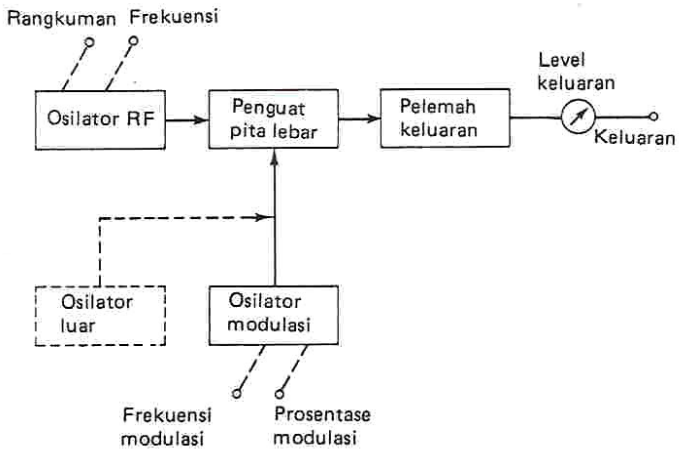
Generator sinyal standar ini :

- Digunakan secara luas dalam pengujian penerima radio dan pemancar-pemancar.
- Merupakan sumber energi arus bolak balik (ac) yang karakteristik-karakteristik-nya diketahui secara tepat.
- Mampu memodulasi sebuah frekuensi pembawa (*carrier*) atau frekuensi tengah (*center frekuensi*) yang dihasilkan oleh penyetelan cakera.

Jenis sinyal modulasi yang lazim adalah gelombang sinus, gelombang persegi, dan gelombang pulsa, dimana sinyal keluaran dapat dimodulasi amplitudo, (*amplitude modulated, AM*) ataupun dimodulasi frekuensi (*frequency modulated, FM*).

Modulasi amplitudo, AM merupakan ciri yang lazim dari generator sinyal standar. Jika sistem FM menghasilkan penyimpangan yang menyolok dalam frekuensi pada laju perputaran yang relatif rendah, maka instrumen dikenal sebagai generator penyapu frekuensi.

Pada gambar 1, ditunjukkan elemen-elemen dari sebuah generator sinyal standar .



Gambar 1

Frekuensi pembawa dibangkitkan oleh sebuah osilator LC yang sangat stabil, menghasilkan sebuah bentuk gelombang sinus yang baik dan tidak memiliki dengung yang cukup besar atau modulasi derau.

Frekuensi osilasi dipilih melalui sebuah pengontrol rangkuman frekuensi dan sebuah cakera penyetel nonius (*vernier*)

Rangkaian LC dirancang agar memberikan suatu keluaran yang tetap konstan sepanjang setiap rangkuman frekuensi.

AM dihasilkan dari sebuah generator gelombang sinus dengan frekuensi yang tetap, atau dari sebuah sumber luar. Modulasi berlangsung didalam rangkaian penguat keluaran yang menyerahkan frekuensi pembawa yang telah dimodulasi ke pelemah keluaran.

Stabilitas frekuensi dari instrumen dasar dibatasi oleh konstruksi rangkaian LC dari osilator induk (*master oscillator*). Karena penyakelaran rangkuman biasanya dilakukan dengan memilih elemen-elemen kapasitif yang sesuai di dalam rangkaian osilator, maka setiap perubahan dalam rangkuman frekuensi akan menggangu rangkaian sampai tingkat tertentu, dan pemakai harus menunggu sampai rangkaian tersebut distabilkan pada nilai frekuensi resonansi yang baru.

Beberapa generator sinyal jenis laboratorium menggunakan pendekatan yang berbeda terhadap pembangkitan frekuensi untuk tujuan memperbaiki stabilitas frekuensi.

Diagram balok pada gambar 2, menunjukkan sebuah generator sinyal standar yang osilator induknya dirancang secara optimal pada rangkuman frekuensi tertinggi, dan pembagi frekuensi dihubungkan untuk menghasilkan rangkuman-rangkuman yang lebih rendah.

Dengan cara ini, stabilitas rangkuman atas diberikan ke semua rangkuman lainnya, dan osilator induk dibuat tidak sensitif terhadap variasi temperatur dan juga terhadap pengaruh tingkatan-tingkatan yang menyusulnya dengan merancang rangakain secara cermat.

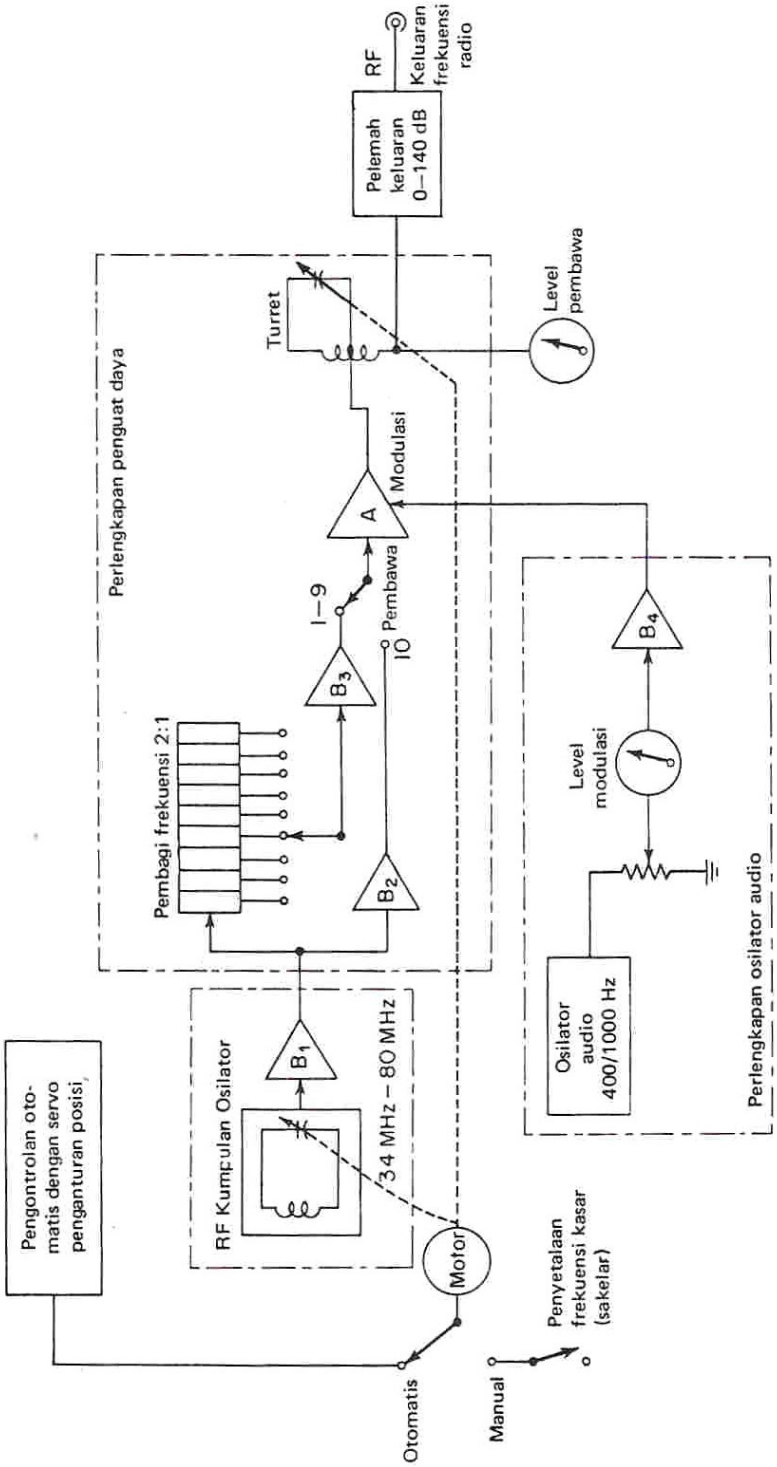
Keluaran osilator RF setelah lewat melalui sebuah penguat penyanggah yang tidak disetalakan (B_1), memasuki unit penguat daya.

Pada rangkuman frekuensi paling tinggi (34 MHz - 80 MHz), sinyal-sinyal RF lewat melalui sebuah penyanggah tambahan (B_2) menuju penguat utama (A).

Pada rangkuman-rangkuman frekuensi yang lebih rendah sinyal osilator dihubungkan ke sederetan pembagi frekuensi dan darisana melalui sebuah penyangga lainnya (B_3) menuju penguat daya..

Kesembilan pembagi 2/1 memberikan pembagi maksimal sebesar 512. Dengan demikian, rangkuman frekuensi terendah yang dihasilkan oleh rantai pembagi

kaskade sama dengan rangkuman tertinggi dibagi 512 atau sama dengan 57 KHz-156 KHz. Penguat-penguat penyangga melengkapi isolasi berderejat yang sangat tinggi antara osilator dan penguat daya, dan praktis menghi-langkan semua pengaruh tarikan frekuensi dari perubahan-perubahan kondisi operasi dan kondisi pembebanan pada tingkat keluaran.



Gambar 2

Osilator induk disetalakan oleh sebuah kapasitor variabel yang digerakkan motor. Untuk penyetalaan cepat secara kasar, sebuah saklar pemutus (rocker switch) pada panel ditekan, yang mengizinkan pergeseran indikator sepanjang skala mistar geser dari cakera frekuensi utama sebesar kira-kira 7 persen dari perubahan frekuensi setiap sekon.

Jika lokasi yang tepat pada cakera utama dicapai, osilator dapat disetalakan secara peka (fine) dengan menggunakan sebuah alat kontrol berputar yang besar , dimana masing-masing bagian skala sesuai dengan 0,01 persen penye-telan cakera utama.

Kontrol panel depan yang kedua ($\Delta F/F$) memperbolehkan penyetalaan bertahap melalui suatu rangkuman terbatas dan mengizinkan resolusi penyetalaan yang sangat besar.

Tersedianya kontrol frekuensi yang digerakkan oleh sebuah motor memberikan kesempatan yang nyata untuk penyetelan otomatis secara lokal maupun jarak jauh, dan ini dimanfaatkan oleh sebuah alat kontrol frekuensi otomatis yang dapat diprogram.

Dengan instrumen ini, kita dapat menyapu diantara batas-batas frekuensi yang dapat diatur dan disetalakan secara otomatis.untuk menyetel kembali frekuensi.

Fungsi dasar, modulasi dilakukan di dalam tingkat penguat daya oleh variasi tegangan basis dari transistor daya.

Dua sinyal modulasi dengan kestabilan yang tinggi (400 Hz dan 1 KHz) dibangkitkan secara internal. Amplitudo sinyal modulasi dapat diatur oleh pengontrol level modulasi agar mencapai 95 persen modulasi.

Setiap penyetelan modulasi yang diperoleh dipertahankan konstan sepanjang rangkuman pengontrol level frekuensi pembawa, dan ketentuan untuk pema-kaian sinyal-sinyal modulasi luar juga dibuat.

Kaliberasi internal dilengkapi oleh sebuah osilator kristal 1 MHz. Sumber referensi ini digabung dengan sinyal RF dari osilator utama dan menghasilkan pelayangan (beat) sebesar nol, bila kedua sinyal adalah sama.

Sebuah sinyal referensi luar dapat dihubungkan ke masukan pencampur, dan dengan menggunakan sebagian dari rangkaian kalibrasi osilator kristal, instrumen berfungsi sebagai sebuah alat ukur frekuensi heterodin.

Penyempurnaan tambahan mencakup unit kontrol otomatis yang mengizinkan sejumlah operasi penyetelan secara otomatis.

Persyaratan sumber daya adalah agak kritis, akan tetapi konsumsi daya yang kecil untuk instrumen membuatnya relatif mudah untuk mendapatkan pengaturan yang sangat baik dan kestabilan dengan kerut yang sangat rendah.

Tegangan suplai bagi osilator induk yang khususnya sensitif terhadap perubahan daya , diatur oleh rangkaian referensi yang temperaturnya terkompensasi.

11.2 Generator Penyapu Frekuensi

Generator penyapu frekuensi (*sweep frequency generator*) merupakan suatu pengembangan logis dari generator sinyal standar.

Generator jenis ini menghasilkan suatu tegangan keluaran berbentuk sinus, biasanya dalam rangkuman RF, yang frekuensinya dirubah secara peka dan kontinyu sepanjang keseluruhan lebar bidang frekuensi, yang biasanya pada laju audio yang rendah.

Proses modulasi frekuensi (FM) dapat dilakukan secara elektronik atau mekanik.

Cara Elektronik :

Untuk mengubah frekuensi osilator induk dilakukan berdasarkan pembahasan generator sinyal standar dan dapat direalisasikan dengan menggunakan sebuah kapasitor variabel didalam rangkaian osilator LC yang digerakkan oleh motor.

Metoda ini digunakan, agar menguntungkan dalam beberapa instrumen laboratorium dan menghasilkan ketepatan generator sinyal konvensional yang disetalakan secara manual, untuk pengukuran frekuensi tersapu.

Dalam pengukuran gelombang pendek (*microwave*), sebuah klystron yang digerakkan oleh motor dan disetalakan secara mekanis dapat digunakan, agar menghasilkan suatu sinyal RF tersapu, meskipun perkembangan yang lebih baru telah membawa ke konstruksi osilator yang disetalakan secara elektronis.

Salah satu perkembangan tersebut adalah tabung osilator gelombang mundur, yang mengatasi kerugian karena waktu penyapuan yang panjang dan keausan mekanis yang disebabkan oleh alat penyetalaan yang digerakkan oleh motor.

Pada gambar 3, ditunjukkan elemen-elemen sebuah generator penyapu frekuensi standar.

Jantung dari instrumen ini adalah osilator induk (*master oscillator*) yang rangkuman frekuensinya dapat dipilih melalui saklar rangkuman.

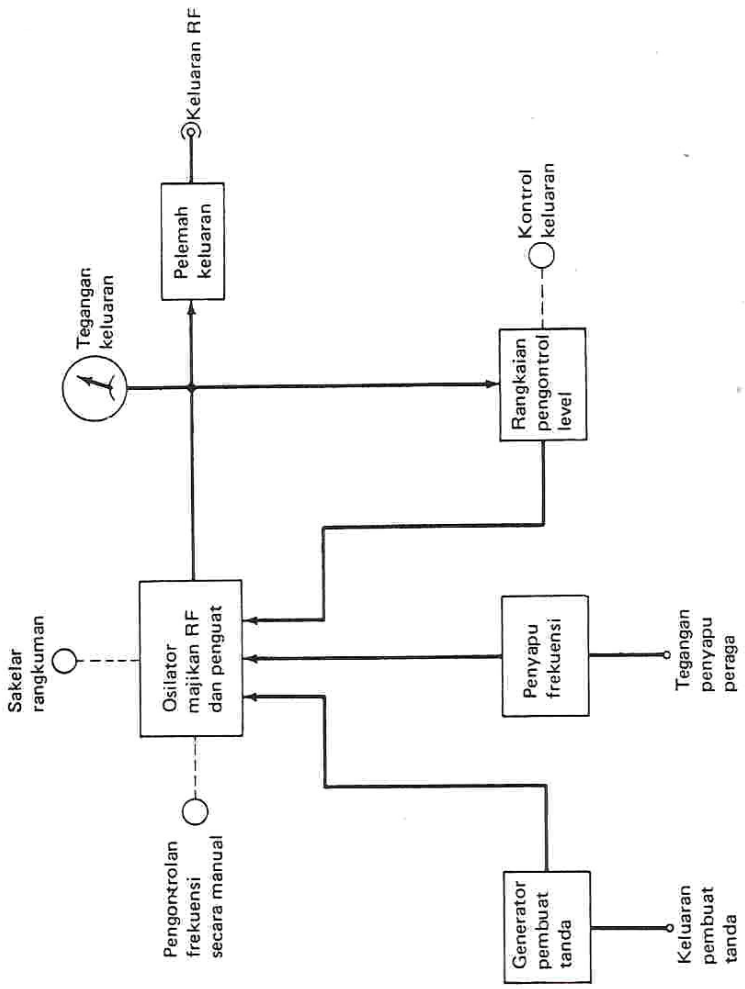
Ini melengkapi sejumlah lebar bidang atau frekuensi, dimana masing-masing pita frekuensi biasanya meliputi beberapa oktaf.

Untuk mudahnya, penyapu frekuensi yang dianggap berupa peralatan mekanis yang memutar kapasitor penyetalaan di dalam osilator induk LC, mengakibatkan penyapuan berulang sepanjang rangkuman frekuensi.

Laju penyapuan yang pantas adalah dalam orde 20 penyapuan setiap detik.

Pengontrolan frekuensi secara manual memungkinkan pengaturan manual frekuensi resonansi osilator induk secara tersendiri.

Penyapu frekuensi juga menyediakan tegangan penyapu yang berubah secara sinkron/serempak yang dapat digunakan untuk mengemudikan pelat-pelat defleksi horisontal CRO atau sumbu X dari alat pencatat X-Y.



Gambar 3

Jadi tanggapan amplitudo dari sebuah alat yang diumpankan oleh keluaran frekuensi tersapu dari generator dapat diperagakan secara otomatis pada osiloskop atau unit pencatat X-Y.

Untuk mengenali frekuensi-frekuensi dan bidang frekuensi yang menarik secara khusus, sebuah generator tanda (*marker generator*), menyediakan bentuk-bentuk gelombang setengah sinus pada setiap frekuensi dalam batas-batas rangkuman penyapuan.

Tegangan pemberi tanda (*marker voltage*)dapat ditambahkan ke garis basis dari jejak CRO selama penggantian siklus dari tegangan penyapuan dan kelihatan sebagai suatu tanda pengenalan yang ditindihkan diatas kurva dari alat yang diuji.

Rangkaian pengontrol level secara otomatis pada dasarnya adalah sebuah sistem umpan balik loop tertutup yang memonitor level RF pada suatu titik di dalam sistem pengukuran.

Rangkaian ini mempertahankan daya maju (daya yang di suplai ke beban) konstan terhadap variasi frekuensi dan impedansi beban.

Suatu level daya yang konstan secara ideal, mencegah setiap ketidaksepadanan sumber dan juga memberikan suatu penunjukan kalibrasi yang konstan terhadap frekuensi.

11.3 Generator Derau Acak (*random noise generator*)

Generator derau acak adalah sebuah alat yang menghasilkan sebuah sinyal yang amplitudo sesaatnya ditentukan sebarang, dan dengan demikian tidak dapat diramalkan.

Derau acak yang sebenarnya tidak mengandung komponen-komponen frekuensi periodik dan mempunyai sebuah spektrum kontinyu.

Instrumen ini memberikan kemungkinan penggunaan sebuah pengukuran tunggal sebagai suatu penunjukan prestasi sepanjang suatu bidang frekuensi yang lebar.

Pengukuran derau acak digunakan dalam banyak lapangan pengukuran, antara lain :

- Dalam pengukuran akustik, derau acak digunakan untuk memperhalus kurva-kurva tanggapan, yang jika tidak demikian, maka akan sulit diinterpretasikan.
- Dalam pengukuran psikoakustik, derau acak secara nyata telah mengembangkan pengetahuan mengenai proses pendengaran.
- Paling baik untuk mensimulasi getaran yang mempengaruhi pesawat dan roket dalam penerbangan, dan biasanya digunakan dalam pengujian getaran dan keausan komponen-komponen serta rakitan pesawat ruang angkasa.

Dalam pengukuran listrik, derau acak dapat digunakan sebagai sinyal uji untuk dirinya sendiri.

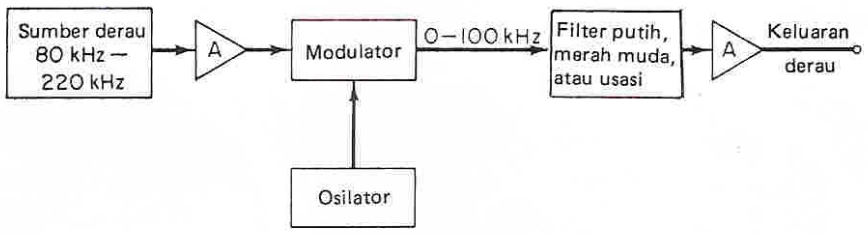
Pengukuran distorsi intermodulasi (IM) dan percakapan silang (crosstalk) dalam sistem komunikasi, pengujian penguat-penguat servo, dan studi mengenai komputer analog adalah sebagian dari begitu banyak pemakaian.

Derau dengan amplitudo dan karakteristik-karakteristik spektral yang diketahui, adalah paling efektif untuk menguji berbagai cara deteksi dan untuk menemukan sinyal yang mengandung derau, seperti dalam radio, telemetri, radar, dan sistem sonar.

Generator derau acak tersedia untuk meliput frekuensi-frekuensi dari yang mendekati dc sampai ke gelombang pendek.

Cara pembangkitan derau acak biasanya adalah dengan dioda derau (noise diode) semikonduktor, yang mengirimkan frekuensi di dalam suatu ban (pan-jang gelombang atau frekuensi radio) dari sekitar 80 KHz - 220 KHz .

Pada gambar 4a, ditunjukkan diagram yang disederhanakan dari sebuah generator acak untuk pemakaian dalam rangkuman frekuensi audio.



(a) Diagram balok

Gambar 4a

Keluaran dari dioda derau diperkuat dan diheterodinkan (efek bayangan yang dihasilkan oleh penghimpitan dua gelombang yang berlainan frekuensi) ke ban frekuensi audio di dalam sebuah modulator (alat untuk mengubah-ubah amplitudo, frekuensi, fase isyarat atau fase gelombang pembawa di telepon, radio, atau televisi, alat untuk menyesuaikan atau memmbetulkan kunci nada) simetri yang setimbang, yang memberikan distribusi amplitudo yang simetris atau setimbang.

Penguat keluaran, yang merupakan tingkat akhir dalam generator, mencakup sebuah transformator dan mensuplai keluaran yang mengambang, satu ujung (*single ended*) atau setimbang.

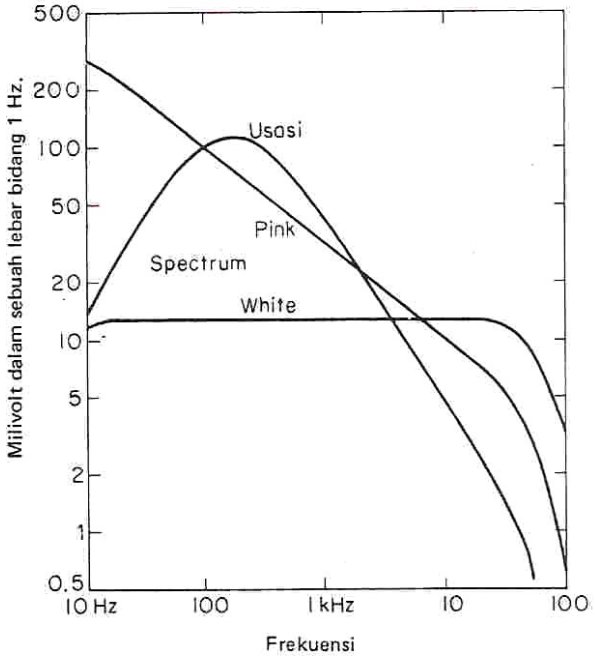
Penempatan filter sesudah modulator, selanjutnya memperkecil dan mengontrol lebar bidang frekuensi dan mensuplai sinyal keluaran dalam tiga pilihan spektrum, yaitu : **derau putih** (white noise), **derau merah muda** (pink noise) dan **derau USASI**, seperti ditunjukkan pada gambar 4b.

Derau putih rata-rata dari 20 Hz sampai 25 KHz dan mempunyai frekuensi " cut-off " sebesar 50 KHz dengan kemiringan cut-off sebesar -12 dB/oktaf.

Derau merah muda disebut demikian sebab penekanannya (amplitudo lebih besar) pada frekuensi yang lebih rendah seperti pada cahaya yang kemerah-merahan.

Derau merah muda memiliki spektrum tegangan yang berbanding terbalik dengan akar kuadrat frekuensi dan digunakan dalam menganalisis lebar bidang frekuensi.

Derau USASI secara kasar mensimulasi distribusi energi dari frekuensi pembicaraan dan frekuensi musik dan digunakan untuk pengujian penguat-penguat audio dan pengeras suara (*load speaker*).



(b) Spektra keluaran

Gambar 4b

11.4 Generator Fungsi

Generator fungsi (*function generator*) merupakan sebuah instrumen terandalkan yang memberikan suatu pilihan bentuk gelombang yang berbeda yang frekuensi-frekuensi-nya dapat diatur sepanjang suatu rangkuman yang lebar.

Bentuk-beuntuk gelombang keluaran yang paling lazim adalah : sinus, segitiga, persegi, dan gigi gergaji.

Frekuensi bentuk-bentuk gelombang tersebut diatas dapat diatur dari bilangan pecahan satu hertz sampai beberapa ratus kilohertz.

Beberapa keluaran generator dapat diperoleh pada waktu yang bersamaan. Misalnya :

- sebuah keluaran gelombang persegi untuk pengukuran linier dalam sebuah sistem audio.
- Sebuah keluaran gigi gergaji simultan dapat digunakan untuk mengemudikan penguat defleksi horisontal dari sebuah CRO, dan memperlihatkan suatu peragaan visual dari hasil pengukuran.

Manfaat lainnya dari generator fungsi adalah kemampuan untuk mengunci fasa (*phase lock*) terhadap sebuah sumber sinyal luar.

Sebuah generator fungsi dapat digunakan untuk mengunci fasa generator fungsi kedua, dan kedua sinyal keluaran dapat diperagakan dengan fasa yang sama yang besarnya dapat diatur.

Disamping itu, sebuah generator fungsi dapat dikunci fasanya terhadap harmonik gelombang sinus dari generator lainnya.

Dengan mengatur fasa dan amplitudo harmonik-harmonik, hampir setiap bentuk gelombang dapat dibangkitkan dengan menjumlahkan frekuensi dasar yang di-bangkitkan oleh generator fungsi yang satu terhadap frekuensi harmonik yang dibangkitkan oleh generator fungsi yang lain.

Generator fungsi juga dapat dikunci fasanya terhadap sebuah standar frekuensi, dan kemudian semua gelombang keluarannya dibangkitkan dengan ketelitian frekuensi dan stabilitas yang sama dengan sumber standar.

Generator fungsi dapat mensuplai bentuk gelombang keluaran pada frekuensi-frekuensi yang sangat rendah. Disebabkan frekuensi rendah dari sebuah osilator RC sederhana adalah terbatas, maka dalam generator fungsi yang diagram rangkaiannya ditunjukkan pada gambar 5, digunakan pendekatan yang berbeda.

Dari gambar 5, dapat dijelaskan :

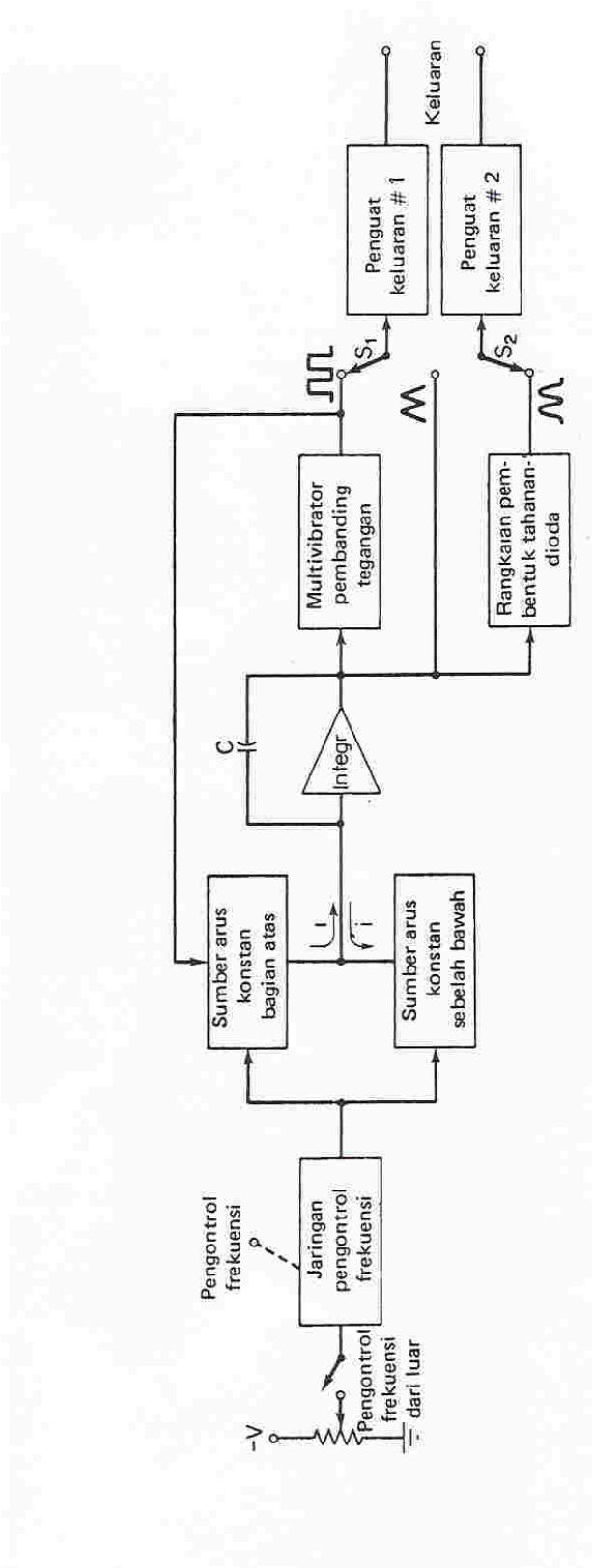
- Instrumen ini menghasilkan gelombang-gelombang : sinus, segitiga, dan persegi dengan rangkuman frekuensi dari 0,01 Hz sampai 100 KHz.
- Jaringan pengontrol frekuensi diatur oleh cakera frekuensi pada panel depan instrumen atau oleh sebuah tegangan pengontrol yang dimasukkan dari luar.
  Tegangan pengontrol frekuensi mengatur dua sumber arus.
- Sumber arus atas mensuplai arus yang konstan ke integrator segitiga yang tegangan keluarannya bertambah secara linier terhadap waktu.
  Tegangan keluaran diberikan oleh hubungan :

$$e_{out} = -\ 1/C \int i\, dt \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (*)$$

- Suatu pertambahan atau penurunan arus yang disuplai dari sumber arus atas akan memperbesar atau memperkecil kemiringan tegangan keluaran.
  Multivibrator tegangan berubah keadaan pada suatu level yang telah ditentu-kan sebelumnya pada kemiringan tegangan keluaran integrator yang positif.
  Perubahan keadaan ini akan menghentikan penyaluran arus atas menuju integrator dan menghubungkan suplai arus bawah.
- Sumber arus bawah mensuplai suatu arus balik menuju integrator, sehingga keluarannya berkurang secara linier terhadap waktu. Jika tegangan keluaran mencapai suatu level yang telah ditentukan lebih dahulu dengan kemiringan bentuk gelombang keluaran yang negatif, pembanding tegangan sekali lagi

mengubah dan menghentikan sumber arus bawah tersebut dan pada saat yang sama menghubungkan sumber arus atas.

:



Gambar 5

.

- Tegangan keluaran pada integrator mempunyai bentuk gelombang segitiga yang frekuensinya ditentukan oleh besarnya arus yang dialirkan oleh sumber-sumber arus yang konstan.

- Pembanding tegangan membangkitkan suatu tegangan keluaran gelombang persegi dengan frekuensi yang sama.
- Bentuk gelombang keluaran ketiga yang diperoleh dari bentuk gelombang segitiga, yang dibentuk menjadi sebuah gelombang sinus oleh sebuah jaringan tahanan dioda. Dalam rangkaian ini, kemiringan gelombang segitiga berubah jika amplitudonya berubah, dan memperlihatkan sebuah gelombang sinus dengan distorsi yang lebih kecil dari 1 %.
- Rangkaian keluaran dari generator fungsi terdiri dari dua penguat keluaran yang melengkapi dua keluaran simultan, yang dipilih secara terpisah dari setiap fungsi bentuk gelombang.

Daftar Pustaka

1. Wiliam D. Cooper, " Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran "

Jakarta, Januari 2008

Ir. S.O.D. Limbong