



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CÁLCULO INTEGRAL
PRIMER PARCIAL
TEMÁTICA

USO DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DEL CURSO DE CÁLCULO INTEGRAL EN AREAS
AFINES A LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

INTEGRANTES:

- ∫ Walter David Santillán Montalvo.
- ∫ Luís Enrique Gaviláñez Lecaro.
- ∫ Carlos Leonardo Nazareno Delgado
- ∫ Rainier Romero Rojas.

TEMAS A TRATARSE:

- ∫ Turbinas de Vapor
- ∫ Corriente Eléctrica y Potencia
- ∫ Ruido térmico introducido por una resistencia en un circuito
- ∫ Diseño de Máquinas Simples



Índice

	Pág.
Resumen.....	4-5
Introducción.....	6-7
Marco Teórico.....	7-23
Turbinas de Vapor, Termodinámica.....	7-17
Ley cero de la Termodinámica.....	7
Primera y Segunda Ley de la Termodinámica.....	8
Proceso Reversible e Irreversible.....	8-9
Entropía.....	9
Ecuaciones de la Entropía.....	9-10
Turbinas de Vapor.....	10-11
Funcionamiento y Explicación.....	11-17
Baricentro.....	17-19
Isobaricentro.....	18-19
Ruido térmico introducido por una resistencia en un circuito.....	19-22
Método General de análisis de ruido.....	20-22
Máquinas Simples.....	22-23
Listas de Máquinas.....	22-23
Modelo.....	23-35
Turbinas de Vapor.....	23-25
Cambios de Estado con calor específico variable.....	23-25
Baricentro.....	25-26
Propiedades Algebraicas.....	25-26
Cálculo Geométrico del Baricentro.....	26
Ruido térmico introducido por una resistencia en un circuito.....	26-35
Análisis del ruido en un buffer con bootstrap acoplado en alterna.....	26
Modelo del circuito de entrada.....	26
Modelo de la interfaz electrodo-piel.....	26-27
Modelo del buffer.....	27-28
Análisis del circuito de entrada.....	30-35
Resolución.....	35-41
Turbinas de Vapor.....	35
Baricentro.....	36-37
Ruido térmico introducido por una resistencia en un circuito.....	37-39
Máquinas Simples (Modelo y Resolución).....	39-41
Conclusiones.....	41-42
Referencias.....	42





RESUMEN

TURBINAS DE VAPOR

Dentro de una gran gama de aplicaciones de las integrales en el ámbito profesional de un ingeniero los temas que se recopilaron se resumen de la siguiente manera:

Turbinas de Vapor. - Es una turbo máquina que transforma la energía de un flujo de vapor de agua en energía mecánica. Este vapor se genera en una caldera, de la que sale en unas condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad.

Entre los puntos a tratarse tenemos los siguientes:

- Turbinas hidráulicas.
- Turbinas de vapor.
- Funcionamiento de la turbina de vapor.
- Tipos de turbina de vapor.
- Avances en el diseño de las turbinas.

Historia

Los antiguos romanos y griegos aprovechaban ya la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII. Durante la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos. La energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton, que construyó por vez primera grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textil y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio.

Las presas y los canales eran necesarios para la instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros. La construcción de grandes presas de contención todavía no era posible; el bajo caudal de agua durante el verano y el otoño, unido a las heladas en invierno, obligaron a sustituir las ruedas hidráulicas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer de carbón.



RUIDO TÉRMICO INTRODUCIDO POR UNA RESISTENCIA EN UN CIRCUITO

Entre las diversas fuentes de ruido en el *ECG* se encuentra el ruido electrónico debido al sistema de adquisición. Estudiaremos este ruido con el fin de demostrar que no es un ruido que nos limite la capacidad de detección de los micropotenciales cardiacos por vía superficial. Este ruido determina el último límite que se puede alcanzar en la reducción de ruido, si se consiguiera reducir suficientemente las otras fuentes de ruido (electromiograma, interferencia de 50Hz , etc.)

El ruido a la salida de los amplificadores de señal usualmente aumenta al incrementarse el ancho de banda es mayor que en la electrocardiografía de alta resolución de ancho de banda es mayor que en la electrocardiografía clásica. Además, en el diseño de amplificadores de tensión de bajo ruido se recomienda el uso de resistencias de valor pequeño para reducir la contribución de su ruido térmico a la salida.

Los trabajos de amplificadores de biopotenciales en general no hacen mención explícita del ruido y su repercusión. En aquellos trabajos en que se menciona el ruido no se suele realizar un análisis detallado.

En el curso del diseño de un sistema de adquisición de *ECG* de bajo ruido, hemos encontrado que las simulaciones del circuito revelan que el ruido equivalente a la entrada disminuye al utilizar resistencias de valor elevado, a pesar del aumento del ancho de banda debido al aumento del valor de esas resistencias. Esto contradice las afirmaciones habituales en la bibliografía y por eso merece un examen más detallado.

Para resolver estas dos cuestiones, en primer lugar analizaremos el ruido térmico introducido por una resistencia en un circuito arbitrario. Veremos que, a la larga, disminuye al aumentar dicho valor. Seguidamente propondremos un método general para calcular el ruido a la salida de un circuito lineal, y lo aplicaremos al análisis del ruido de un cierto tipo de buffer utilizado en electrocardiografía de alta resolución, que se caracteriza por su alta impedancia de entrada. El análisis de los resultados obtenidos, tanto mediante simulación como medidos en un circuito real, nos permitirán extraer las conclusiones.



INTRODUCCION

El proyecto de investigación que hemos realizado se basa en la recopilación de textos en áreas afines a la electricidad, electrónica y una pequeña parte en la mecánica, es decir en el diseño y construcción de máquinas simples.

Lo esencial de esto no es entender o comprender en su totalidad los temas que presentemos. El objetivo es el de analizar la importancia que tiene el curso de calculo integral en la vida diaria y más aun en la vida profesional de un ingeniero . Sin dejar a un lado la comprensión de los temas investigados ya sea de forma superficial o como objeto de material para el uso de las integrales.

Nos sumergimos en un mundo que desconocemos pero que con el tiempo será n parte de nuestros conocimientos y de nuestra política de trabajo.

Se ha tratado de comprender estos temas, y se lo ha hecho con éxito , pensamos que sin la integral como herramienta de trabajo en cálculos sería imposible resolver problemas que demanda la vida profesional, en lo que tiene que ver esencialmente en la industria y otro tipos de problemas que necesiten de cálculos precisos en donde las operaciones ordinarias de la matemática no siempre alcanzan resultados que se acerquen a la realidad o simplemente no son las herramientas adecuadas. Cabe recalcar que para entender mejor los temas centrales se necesita de conceptos básicos de: Termodinámica, Energía, Potencia, Electricidad y Maquinas simples.

El ruido ambiente originado por la actividad humana tiene, por sus múltiples efectos sobre el ser humano y su entorno, una gran importancia social, cultural y económica en las sociedades actuales. Entre ellos se destacan los efectos directos e indirectos sobre la audición, la interferencia con las actividades, la pérdida de productividad y la molestia.

La investigación de estos efectos se propone, en general, clasificarlos y, en lo posible, cuantificarlos, estableciendo relaciones causa -efecto estadísticamente significativas. Estas relaciones son de aplicación en las tareas de planificación y de evaluación de impacto potencial.

Debido a la enorme importancia humana, social y económica de las consecuencias del ruido sobre la audición, particularmente en lo concerniente al ruido de origen laboral, su estudio comenzó muy tempranamente y fue rico en aportes. La metodología empleada ha sido la evaluación de los efectos sobre la población expuesta durante mucho tiempo a ruidos de origen laboral de características conocidas.

En los casos anteriores se han logrado establecer relaciones cuantitativas bien definidas entre las características físicas del sonido y la magnitud de los efectos. La posibilidad de establecer medidas razonablemente objetivas tanto del estímulo *como de sus efectos* facilita la obtención de tales relaciones.



No sucede lo mismo en el caso de la molestia, ya que en primer lugar no es fácilmente cuantificable, y en segundo lugar su grado de subjetividad es enorme. Un mismo sonido en circunstancias ligeramente diferentes puede provocar sensaciones opuestas. Aunque tradicionalmente se ha intentado vincular la molestia con alguna medida de la sonoridad, es evidente que en muchas circunstancias ruidos de escasa sonoridad pueden ser más molestos que otros más sonoros.

La investigación de las molestias ocasionadas por el ruido reviste una gran importancia dentro de los temas ambientales. Sus resultados tienen o pueden tener aplicación directa en el establecimiento de criterios técnicos, normativos o reglamentarios para el control, morigeración o supresión del ruido.

MARCO TEORICO

TURBINAS DE VAPOR

Principios generales de termodinámica

Termodinámica es el estudio de las transformaciones de la energía. A la cantidad de materia bajo consideración se le llama sistema, y a todo lo demás se hace referencia con el término medio circundante. En un sistema cerrado no hay intercambio de materia entre el sistema y el medio circundante; en un sistema abierto si existe tal intercambio, cualquier cambio que pueda sufrir el sistema se conoce con el nombre de proceso. Cualquier proceso o serie de procesos en los cuales el sistema retorne a su condición o estado original se llama ciclo.

Propiedades térmicas de los cuerpos

El calor es la energía que se transmite de una masa a otra a causa de la existencia de una diferencia de temperatura entre las dos masas. Siempre que una fuerza de cualquier clase actúa a través de una cierta distancia, se efectúa un trabajo como el calor, el trabajo es también energía que se transmite. Debe diferenciarse el trabajo de la capacidad de una cantidad de energía para efectuar trabajo.

Leyes de la termodinámica

Ley cero de la termodinámica

A este principio se le llama "equilibrio térmico". Si dos sistemas A y B están a la misma temperatura, y B está a la misma temperatura que un tercer sistema C, entonces A y C están a la misma temperatura. Este concepto fundamental, aun siendo ampliamente aceptado, no fue formulado hasta después de haberse enunciado las otras tres leyes. De ahí que recibe la posición 0.



Primera ley de la termodinámica

También conocido como principio de la conservación de la energía, la Primera ley de la termodinámica establece que si se realiza trabajo sobre un sistema, la energía interna del sistema variará. La diferencia entre la energía interna del sistema y la cantidad de energía es denominada calor. Fue propuesto por Antoine Lavoisier.

En otras palabras: La energía no se crea ni se destruye solo se transforma. (Conservación de la energía). La primera ley puede escribirse, por tanto en la forma .

Segunda ley de la termodinámica

Esta ley indica las limitaciones existentes en las transformaciones energéticas. En un sistema aislado, es decir, que no intercambia materia ni energía con su entorno, la entropía (desorden en un sistema) siempre habrá aumentado (nunca disminuido, como mucho se mantiene) desde que ésta se mide por primera vez hasta otra segunda vez en un momento distinto. En otras palabras: El flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde una temperatura más alta a una más baja. Existen numerosos enunciados, destacándose también el de Carnot y el de Clausius.

Procesos reversibles e irreversibles

Un proceso reversible es aquel en el cual tanto el sistema como el medio circundante pueden retornar a sus estados originales. Esto no es posible después de haber tenido lugar un proceso irreversible. Ningún proceso en el que intervenga el rozamiento o un potencial desequilibrado puede ser reversible. Ninguna pérdida de la disposición para efectuar trabajo es sufrida a causa de un proceso reversible, pero siempre la habrá a causa de un proceso irreversible. Todos los procesos reales son irreversibles. Cualquier serie de procesos reversibles que comience y termine con el sistema en el mismo estado se llama ciclo reversible.

Procesos de flujo estacionario

En flujo estacionario, las condiciones que prevalecen en cualquier punto de un aparato a través del cual está circulando un fluido no cambian progresivamente con el tiempo. Los procesos de flujo estacionario que comprenden solamente efectos mecánicos son equivalentes a procesos semejantes sin flujo, desarrollados entre dos diafragmas o pistones sin peso y sin rozamiento que se mueven a presión constante con el sistema como un todo en movimiento. Bajo estas circunstancias el trabajo total efectuado por o sobre la cantidad unitaria de fluido está integrado por el realizado sobre los dos diafragmas, $p_2v_2 - p_1v_1$, y sobre todo el resto de los medios circundantes $\int pdv - p_2v_2 + p_1v_1$. Diferenciando, $pdv - d(pv) = -vdp$. El trabajo de flujo neto útil efectuado sobre el medio es $-\int vdp$. A este se le llama frecuentemente trabajo en el árbol. El trabajo neto útil o trabajo en el árbol difiere del trabajo total en $p_2v_2 - p_1v_1$.

La fórmula de la primera ley puede escribirse, para indicar este resultado, por definición en la forma.

$$Jq - W_{neto} = Jh_{12} + \left(\frac{V^2}{2g_c} \right)_{12} + \left(x \frac{g}{g_c} \right)_{12}$$



Y si todos los efectos del trabajo neto son mecánicos.

$$Jq + \int v dp = Jh_{12} + \left(\frac{V^2}{2g_c} \right)_{12} + \left(x \frac{g}{g_c} \right)_{12}$$

Como al evaluar $\int v dp$ la presión es la aplicada efectivamente al medio circundante, la integración no puede efectuarse por lo general, excepto para procesos reversibles. Si se hace pasar un fluido adiabáticamente por un conducto, sin efectuar un trabajo neto útil, y si los efectos de velocidad y potencial son despreciables $h_{12} = 0$. Un proceso de la clase indicada se llama isentálpico, puesto que $h_1 = h_2 = \text{constante}$, o flujo Joule-Thomson, y la relación $\left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)$ para tal flujo es el coeficiente Joule-Thomson.

Si se hace pasar un fluido por un conducto no adiabáticamente sin efectuar ningún trabajo neto o útil y si los efectos de la velocidad y de potencia son despreciables, $Q = wh_{12}$. Esta fórmula es importante en el cálculo de balances térmicos para aparatos de flujo, por ejemplo, condensadores, cambiadores o recuperadores de calor y refrigeradores.

Entropía

En termodinámica, la **entropía** (simbolizada como **S**) es la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo. En un sentido más amplio se interpreta como la medida del desorden de un sistema. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor en un sistema aislado crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La palabra entropía procede del griego (έντροπία) y significa evolución o transformación.

La función termodinámica, S , es central para la segunda Ley de la Termodinámica. La entropía puede interpretarse como una medida de la distribución aleatoria de un sistema. Se dice que un sistema altamente distribuido al azar tiene una alta entropía. Puesto que una condición de distribución al azar es más probable que una ordenada, la entropía puede considerarse como una función de probabilidad. Es la capacidad de como una naturaleza tiene la capacidad de producir trabajo.

Ecuaciones

Rudolf Clausius.- Padre de la Entropía.

Esta idea de desorden termodinámico fue plasmada mediante una función ideada por Clausius a partir de un proceso cíclico reversible. En todo proceso reversible la integral curvilínea de $\left(\frac{\delta Q}{T} \right)$ sólo depende de los estados inicial y final, con independencia del camino seguido (δQ es la cantidad de calor absorbida en el proceso en cuestión y T es la temperatura total). Por tanto ha de existir una función $f(x)$ del estado del sistema, $S = f(P, V, T)$ denominada entropía, cuya variación en un proceso reversible entre los estados 1 y 2 es:



Tenga en cuenta que como el calor no es función de estado se usa δQ en lugar de dQ .

La entropía física, en su forma clásica, es definida por la ecuación

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

o más simplemente, cuando no se produce variación de temperatura (proceso isotérmico):

$$S_2 - S_1 = \frac{Q_{1 \rightarrow 2}}{T}$$

Donde S es la entropía, $Q_{1 \rightarrow 2}$ la cantidad de calor intercambiado y T la temperatura en kelvin). Los números 1 y 2 se refieren a los estados iniciales y finales de un sistema termodinámico.

El significado de esta ecuación es el siguiente:

Cuando un sistema termodinámico pasa del estado 1 al estado 2, el cambio en su entropía es igual al cambio en su cantidad de calor dividido por su temperatura.

De acuerdo a la ecuación, si el calor aumenta, también lo hará el grado de entropía. Si la temperatura aumenta, la entropía disminuye. Y viceversa.

Las unidades de la entropía en el Sistema Internacional es el J/K (o Clausius) definido como la variación de entropía que experimenta un sistema cuando absorbe el calor de 1 Julio (unidad) a la temperatura de 1 Kelvin.

Turbina de vapor



Rotor de una turbina de vapor producida por Siemens, Alemania.

Una **turbina de vapor** es una turbomáquina que transforma la energía de un flujo de vapor de agua en energía mecánica. Este vapor se genera en una caldera, de la que sale en unas condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad.



Clasificación

Existen turbinas de vapor en una gran variedad de tamaños, desde unidades de 1 hp (0.75 kW) usadas para accionar bombas, compresores y otro equipo accionado por flecha, hasta turbinas de 2,000,000 hp (1,500,000 kW) utilizadas para generar electricidad. Existen diversas clasificaciones para las turbinas de vapor modernas.

Abastecimiento de Vapor y Condiciones de Escape

Estas categorías incluyen turbinas condensadoras, no condensadoras, de recalentamiento, extracción e inducción.

Las turbinas de No condensación o de contrapresión son más ampliamente usadas para aplicaciones de vapor en procesos. La presión de salida es controlada por una válvula reguladora para satisfacer las necesidades de presión en el vapor del proceso. Se encuentran comúnmente en refinerías, plantas de papel y pulpa y en instalaciones de desalinización, donde se dispone de grandes cantidades de vapor de proceso a baja presión.

Las turbinas condensadoras se encuentran comúnmente en plantas de potencia eléctrica. Estas turbinas expelen vapor en estado parcialmente saturado, generalmente con calidad mayor al 90%, a una presión bastante inferior a la atmosférica hacia un condensador.

Las turbinas de recalentamiento también son usadas casi exclusivamente en plantas de potencia eléctrica. En una turbina de recalentamiento, el flujo de vapor sale de una sección a alta presión de la turbina y es regresado a la caldera donde se le vuelve a sobrecalentar. El vapor entonces regresa a una sección de presión intermedia de la turbina y continúa su expansión.

Las turbinas de extracción se encuentran en todo tipo de aplicaciones. En una turbina de extracción, el vapor es liberado en diversas etapas y aprovechado en distintos procesos industriales, también puede ser enviado a calentadores de agua para mejorar la eficiencia del ciclo.

Los fluidos extraídos pueden ser controlados mediante una válvula o pueden no controlarse. Las turbinas de inducción introducen vapor a baja presión en una etapa intermedia para producir potencia adicional.

Funcionamiento y explicación

Motor rotativo que convierte en energía mecánica la energía de una corriente de agua, vapor de agua o gas. El elemento básico de la turbina es la rueda o rotor, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje para proporcionar el movimiento de una máquina, un compresor, un generador eléctrico o una hélice. Las turbinas se clasifican en turbinas hidráulicas o de agua, turbinas de vapor y turbinas de combustión. Hoy la mayor parte de la energía eléctrica mundial se produce utilizando generadores movidos por turbinas. Los molinos de viento que producen energía eléctrica se llaman turbinas de viento.



Turbinas hidráulicas

El tipo más antiguo y más simple de turbina hidráulica es la rueda hidráulica, utilizada por primera vez en Grecia y utilizada durante la antigüedad y la edad media para moler cereales. Consistía en un eje vertical con un conjunto de aspas o palas radiales situadas en una corriente de agua a gran velocidad. La potencia de la rueda era de unos 0,5 caballos de vapor (CV). La rueda hidráulica horizontal (o sea, un eje horizontal conectado a una rueda de palas vertical), descrita por primera vez por el arquitecto e ingeniero romano Vitrubio en el siglo I a.C., tenía el segmento inferior de la rueda de palas insertada en la corriente, y actuaba como una rueda hidráulica de empuje inferior.

Hacia el siglo II d.C. se empezó a utilizar en las regiones montañosas la rueda hidráulica de empuje superior. En este caso, el agua se vertía sobre las palas desde arriba, y se obtenía energía adicional de la inercia del agua en su caída. En la edad media la potencia máxima de la rueda, fabricada con madera, aumentó de 3 a 50 CV.

La transición de la rueda hidráulica a la turbina es sobre todo semántica. El primer intento de formular la base teórica para el diseño de ruedas hidráulicas en el siglo XVIII corresponde al ingeniero civil británico John Smeaton, que demostró que la rueda de empuje superior era más eficaz. Sin embargo, el ingeniero militar francés Jean Victor Poncelet diseñó una rueda de empuje inferior cuyas palas curvadas aumentaban el rendimiento casi un 70%. El uso de esta máquina se extendió rápidamente. Otro ingeniero militar francés, Claude Burdin, inventó el término turbina, como parte de un análisis teórico en que se daba una gran importancia a la velocidad de rotación. Benoit Fourneyron, un alumno de Burdin en la Escuela de Minería de Saint Étienne, diseñó y construyó ruedas que alcanzaban velocidades de rotación de 60 rpm (revoluciones por minuto) o más y que proporcionaban hasta 50 CV en las factorías metalúrgicas francesas. Por último, Fourneyron construyó turbinas que trabajaban a 2.300 rpm, desarrollando 60 CV y un rendimiento de más del 80%.

A pesar de esta eficiencia excepcional, la turbina de Fourneyron tenía algunos inconvenientes causados por el flujo centrífugo del agua que la atravesaba. Esto provocaba problemas si se reducía el flujo de agua o su carga. El ingeniero estadounidense nacido en Gran Bretaña James B. Francis diseñó una turbina en la que el flujo se producía hacia el interior. La llamada turbina de reacción o turbina Francis se convirtió en la turbina hidráulica más utilizada con presiones de agua, o alturas de caída, equivalentes a una columna de agua de 10 a 100 m. Este tipo de turbina funciona debido a la expansión del agua mientras fluye a través de los espacios entre las palas, lo que produce una fuerza neta, o reacción, con un componente tangencial que pone la rueda en movimiento.

La rueda Pelton, cuyo nombre proviene del ingeniero estadounidense Lester Allen Pelton, se empezó a aplicar durante la segunda mitad del siglo XIX, en instalaciones donde la presión del agua era equivalente a una columna de agua de entre 90 y 900 m. En este tipo de turbinas el agua se conduce desde un depósito a gran altura a través de un canal o una conducción forzada hasta una boquilla eyectora que convierte la energía cinética del agua en un chorro a presión. Dado que la acción de la rueda Pelton depende del impulso del chorro sobre ella, en lugar de la reacción del agua en expansión, este tipo de turbina se denomina también turbina de acción.

El aumento de las necesidades de energía hidroeléctrica durante los albores del siglo XX puso de manifiesto la necesidad de turbinas que aprovechar caídas de agua de 3 a 9 m, que podrían utilizarse en muchos ríos construyendo pequeños



embalses de agua. En 1913, el ingeniero austriaco Viktor Kaplan planteó por primera vez la turbina de hélice, que actúa al contrario que la hélice de un barco. Kaplan mejoró la turbina haciendo que las palas pudieran pivotar sobre su eje. Los distintos ángulos de las palas aumentaban el rendimiento ajustando el ángulo al volumen de la caída de agua.

Para mantener una salida constante de voltaje en una instalación hidroeléctrica la velocidad de la turbina debe mantenerse constante, independientemente de las variaciones de la presión del agua que las mueve. Esto requiere gran número de controles que, tanto en la turbina de Francis como en la de Kaplan, varían el ángulo de las palas. En las instalaciones de ruedas Pelton, el flujo del agua se controla abriendo y cerrando las boquillas eyectoras. En este caso, se utiliza una boquilla de derivación de descarga, dado que los cambios rápidos de corriente en canales de caída largos podrían producir aumentos repentinos en la presión, llamados martillos de agua, que pueden ser muy dañinos. Con estos ajustes, se mantiene constante el flujo de agua a través de las boquillas. Para ello se cierran las boquillas de descarga, lo que se hace con mucha lentitud para evitar martillos de agua.

Turbinas de vapor

El éxito obtenido con las turbinas de agua condujo a utilizar el principio de la turbina para extraer energía del vapor de agua. Mientras que la máquina de vapor de vaivén desarrollada por Watt utilizaba la presión del vapor, la turbina consigue mejores rendimientos al utilizar también la energía cinética de éste. La turbina puede ser más pequeña, más ligera y más barata que una máquina de vapor de vaivén de la misma potencia, y puede ser de un tamaño mucho mayor que las máquinas de vapor convencionales. Desde el punto de vista de la mecánica, tiene la ventaja de producir directamente un movimiento giratorio sin necesidad de una manivela o algún otro medio de convertir la energía de vaivén en energía rotatoria. Como resultado de ello, la turbina de vapor ha reemplazado a las máquinas de vaivén en las centrales generadoras de energía eléctrica, y también se utiliza como una forma de propulsión a chorro.

Las turbinas de vapor se utilizan en la generación de energía eléctrica de origen nuclear y en la propulsión de los buques con plantas nucleares. En las aplicaciones de cogeneración que requieran tanto calor (el utilizado en un proceso industrial) como electricidad, se genera vapor a altas presiones en una caldera y se extrae desde la turbina a la temperatura y la presión que necesita el proceso industrial. Las turbinas de vapor pueden utilizarse en ciclos (escalones) combinados con un generador de vapor que recupera el calor que se perdería. Las unidades industriales se utilizan para poner en movimiento máquinas, bombas, compresores y generadores eléctricos. La potencia que se obtiene puede ser de hasta 1.300 MW.

La turbina de vapor no fue inventada por una única persona, sino que fue el resultado del trabajo de un grupo de inventores a finales del siglo XIX. Algunos de los participantes más notables en este desarrollo fueron el británico Charles Algernon Parsons y el sueco Carl Gustaf Patrik de Laval. Parsons fue responsable del denominado principio de escalones, mediante el cual el vapor se expandía en varias fases, aprovechándose su energía en cada una de ellas. De Laval fue el primero en diseñar chorros y palas adecuados para el uso eficiente de la expansión del vapor.



Funcionamiento de la turbina de vapor

El funcionamiento de la turbina de vapor se basa en el principio termodinámico que expresa que cuando el vapor se expande disminuye su temperatura y se reduce su energía interna. Esta reducción de la energía interna se transforma en energía mecánica por la aceleración de las partículas de vapor, lo que permite disponer directamente de una gran cantidad de energía. Cuando el vapor se expande, la reducción de su energía interna en 400 cal puede producir un aumento de la velocidad de las partículas a unos 2.900 km/h. A estas velocidades la energía disponible es muy elevada, a pesar de que las partículas son extremadamente ligeras.

Si bien están diseñadas de dos formas diferentes, las partes fundamentales de las turbinas de vapor son parecidas. Consisten en boquillas o chorros a través de los que pasa el vapor en expansión, descendiendo la temperatura y ganando energía cinética, y palas sobre las que actúa la presión de las partículas de vapor a alta velocidad. La disposición de los chorros y las palas depende del tipo de turbina. Además de estos dos componentes básicos, las turbinas cuentan con ruedas o tambores sobre los que están montadas las palas, un eje para las ruedas o los tambores, una carcasa exterior que retiene el vapor dentro de la zona de la turbina, y varios componentes adicionales como dispositivos de lubricación y controladores.

Tipos de turbina de vapor

La forma más sencilla de turbina de vapor es la denominada turbina de acción, en la que los chorros de la turbina están sujetos a un punto dentro de la carcasa de la turbina, y las palas están dispuestas en los bordes de ruedas que giran alrededor de un eje central. El vapor pasa a través de las boquillas y alcanza las palas. Éstas absorben una parte de la energía cinética del vapor en expansión, lo que hace girar la rueda y con ella el eje al que está unida. La turbina está diseñada de forma que el vapor que entra por un extremo de la misma se expande a través de una serie de boquillas hasta que ha perdido la mayor parte de su energía interna.

En la turbina de reacción la energía mecánica se obtiene de la aceleración del vapor en expansión. Las turbinas de este tipo cuentan con dos grupos de palas, unas móviles y las otras fijas. Las palas están colocadas de forma que cada par actúa como una boquilla a través de la cual pasa el vapor mientras se expande. Las palas de las turbinas de reacción suelen montarse en un tambor en lugar de una rueda. El tambor actúa como eje de la turbina.

Para que la energía del vapor se utilice eficientemente en ambos tipos de turbina, es necesario utilizar varios escalones en cada uno de los cuales se convierte en energía cinética una parte de la energía térmica del vapor. Si se hiciera toda la conversión de los dos tipos de energía en un solo escalón, la velocidad rotatoria de la rueda sería excesiva. Por lo general, se utilizan más escalones en las turbinas de reacción que en las turbinas de acción.

Se puede comprobar que, con el mismo diámetro y la misma cantidad de energía, la turbina de reacción necesita el doble de escalones para obtener un rendimiento máximo. Las turbinas más grandes, que normalmente son de acción, emplean hasta cierto grado la reacción al principio del recorrido del vapor para que el flujo de vapor sea eficaz. Muchas de las turbinas de reacción utilizan primero un escalón de control de acción, lo que reduce el número de escalones necesarios.



A causa del aumento de volumen del vapor cuando se expande, es necesario aumentar en cada escalón el tamaño de las aberturas a través de las cuales pasa el vapor. Durante el diseño real de las turbinas, este aumento se consigue alargando las palas de un escalón a otro y aumentando el diámetro del tambor o la rueda a la que están acopladas las palas. También se agregan dos o más secciones de turbina en paralelo. Como resultado de esto, una turbina industrial pequeña puede ser prácticamente cónica, con el diámetro más pequeño en el extremo de entrada, de mayor presión, y el diámetro mayor en el extremo de salida. Las grandes turbinas de una central eléctrica nuclear pueden tener cuatro rotores con una sección de alta presión con flujo doble, seguida de tres secciones de baja presión y flujo doble.

Las turbinas de vapor son máquinas simples que tienen prácticamente una sola parte móvil, el rotor. Sin embargo, requieren algunos componentes auxiliares para funcionar: cojinetes de contacto plano para sostener el eje, cojinetes de empuje para mantener la posición axial del eje, un sistema de lubricación de los cojinetes y un sistema de estanqueidad que impide que el vapor salga de la turbina y que el aire entre en ella. La velocidad de rotación se controla con válvulas en la admisión de vapor de la máquina. La caída de presión en las palas produce además una fuerza axial considerable en las palas móviles, lo que se suele compensar con un pistón de equilibrado, que crea a su vez un empuje en sentido opuesto al del vapor.

La eficiencia de expansión de las turbinas modernas de varios escalones es alta, dado el avanzado estado de desarrollo de los componentes utilizados en las turbinas y la posibilidad de recuperar las pérdidas de un escalón en los siguientes, con un sistema de recalentamiento. El rendimiento que se obtiene al transformar en movimiento la energía teóricamente disponible suele superar el 90%. La eficiencia termodinámica de una instalación de generación con vapor es mucho menor, dada la pérdida de energía del vapor que sale de la turbina.

Avances en el diseño de las turbinas

La tendencia en las turbinas hidráulicas modernas es utilizar caídas mayores y máquinas más grandes. Según el tamaño de la unidad, las turbinas Kaplan se utilizan en caídas de unos 60 m, y en el caso de las turbinas Francis de hasta 610 m. La instalación de caída más alta del mundo (1.770 m) se encuentra en Reisseck, en Austria, y las turbinas más grandes del mundo están en una planta generadora de la presa de Itaipú, entre Paraguay y Brasil, donde se utilizan 18 turbinas de tipo Francis de 700 MW de potencia cada una, que consiguen un total de 1 2.600 MW.

Muchas de las pequeñas instalaciones en presas construidas antes de 1930 han sido abandonadas debido a su alto coste de mantenimiento y la mano de obra que requieren. Sin embargo, el aumento de los costos de los combustibles fósiles ha hecho volver la mirada hacia este tipo de sistemas de poca caída. Con el desarrollo de turbinas de hélice normalizadas con ejes casi horizontales, las instalaciones pequeñas han recuperado su atractivo original.

Se han diseñado turbinas que actúan como bombas cuando funcionan a la inversa, invirtiendo el generador eléctrico para que funcione como un motor. Dado que no es posible almacenar la energía eléctrica de forma económica, este tipo de bombas turbina se utiliza para bombear agua hacia los embalses, aprovechando la energía eléctrica generada por las centrales nucleares y térmicas durante las horas de poco consumo. El agua embalsada se emplea de nuevo para generar energía eléctrica durante las horas de consumo elevado. En los últimos años se han desarrollado turbinas para caídas de hasta 600 m y con capacidades de más de 400 MW.



Central geotérmica

El vapor producido por líquidos calientes naturales en sistemas geotérmicos es una alternativa al que se obtiene en plantas de energía por quemado de materia fósil, por fisión nuclear o por otros medios. Las perforaciones modernas en los sistemas geotérmicos alcanzan reservas de agua y de vapor, calentados por magma mucho más profundo, que se encuentran hasta los 3.000 m bajo el nivel del mar. El vapor se purifica en la boca del pozo antes de ser transportado en tubos grandes y aislados hasta las turbinas. La energía térmica puede obtenerse también a partir de géiseres y de grietas.

La energía geotérmica se desarrolló para su aprovechamiento como energía eléctrica en 1904, en Toscana (Italia), donde la producción continúa en la actualidad. Los fluidos geotérmicos se usan también como calefacción en Budapest (Hungría), en algunas zonas de París, en la ciudad de Reykjavík, en otras ciudades islandesas y en varias zonas de Estados Unidos.

En la actualidad, se está probando una técnica nueva consistente en perforar rocas secas y calientes situadas bajo sistemas volcánicos en reposo para luego introducir agua superficial que regresa como vapor muy enfriado. La energía geotérmica tiene un gran potencial: se calcula, basándose en todos los sistemas hidrotérmicos conocidos con temperaturas superiores a los 150 °C, que Estados Unidos podría producir 23.000 MW en 30 años. En otros 18 países, la capacidad geotérmica total fue de 5.800 MW en 1990.

Central hidroeléctrica

Energía hidráulica

Energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables.

Desarrollo de la energía hidroeléctrica

La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que



entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se llaman de agua fluente. Una de ellas es la de las cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de hidroelectricidad eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de centrales hidráulicas. En todo el mundo, la hidroelectricidad representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), República Democrática del Congo (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6.500 MW y es una de las más grandes.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones en vías de desarrollo están utilizando este sistema con buenos resultados.

BARICENTRO

Sean A_1, \dots, A_n n puntos, y m_1, \dots, m_n n números (m como *masa*). Entonces el baricentro de los (A_i, m_i) es el punto G definido como sigue:

$$\vec{OG} = \frac{\sum m_i \vec{OA}_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 \vec{OA}_1 + \dots + m_n \vec{OA}_n}{m_1 + \dots + m_n}, \quad \text{con } \sum m_i \neq 0$$

Esta definición no depende del punto O , que puede ser cualquiera. Si se toma el origen del plano o del espacio, se obtiene las coordenadas del baricentro, como promedio ponderado por los m_i , de las coordenadas de los puntos A_i :

$$x_G = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 x_1 + \dots + m_n x_n}{m_1 + \dots + m_n}$$

La definición anterior equivale a la fórmula siguiente, más práctica para el cálculo vectorial, pues prescinde de las fracciones (se obtiene tomando $O = G$):

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{GA}_i = \vec{0} \quad \text{o bien} \quad m_1 \vec{GA}_1 + \dots + m_n \vec{GA}_n = \vec{0}$$

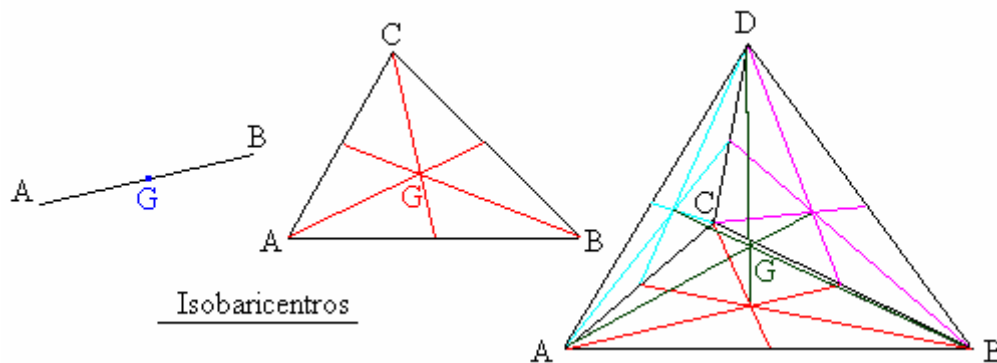


Un **isobaricentro** (*iso*: mismo) es un baricentro con todas las masas iguales entre sí; es usual en tal caso tomarlas iguales a 1. Si no se precisan las masas, el baricentro es por defecto el isobaricentro.

El baricentro coincide con la noción física de centro de gravedad, también llamado **centro de masa**, en algunos casos como:

- El baricentro de $\{A, B\}$ es el centro de masa del segmento $[A;B]$, o sea de una barra de extremos A y B, de masa uniformemente distribuida.
- El baricentro de $\{A, B, C\}$ es el centro de gravedad del triángulo ABC, suponiéndole una densidad superficial uniforme (por ejemplo, al recortar un triángulo en una hoja de cartón). Corresponde al punto donde se cortan las medianas. El triángulo de cartón se mantendrá en equilibrio (inestable) en la punta de un lápiz o de un compás si éste está colocado justo debajo del centro de masa. El baricentro de un triángulo tiene además la propiedad de pertenecer a la recta de Euler.
- El baricentro de cuatro puntos $\{A, B, C, D\}$ del espacio es el centro de gravedad del tetraedro, suponiéndole una densidad volumétrica uniforme. Corresponde al punto donde se cortan los segmentos que unen cada vértice con el isobaricentro de la cara opuesta.

Se puede generalizar lo anterior en cualquier dimensión.



La coincidencia del baricentro y el centro de gravedad permite localizar el primero de una forma sencilla. Si tomamos el pedazo de cartón antes comentado y lo sujetamos verticalmente desde cualquiera de sus puntos, girará hasta que el centro de gravedad (baricentro) se sitúe justamente en la vertical del punto de sujeción; marcando dicha vertical sobre el cartón y repitiendo el proceso sujetando desde un segundo punto, encontraremos el baricentro en el punto de intersección.

Propiedades topológicas:

El baricentro G de (A, a) y (B, b) con a y b cualesquiera, está ubicado en la recta (AB) . Si a y b son ambos positivos, G pertenece al segmento $[A,B]$. En este caso los coeficientes a y b se pueden leer en el gráfico. Por ejemplo:

$$\overrightarrow{AG} = \frac{5}{7}\overrightarrow{GB} \Leftrightarrow 7\overrightarrow{AG} = 5\overrightarrow{GB} \Leftrightarrow 7\overrightarrow{GA} + 5\overrightarrow{GB} = \vec{0}$$



Y por lo tanto $G = \text{bar} \{ (A, 7), (B, 5) \}$. Basta pues con permutar las longitudes del gráfico para obtener las masas de los puntos.

El baricentro G de tres puntos del espacio (A, a) , (B, b) y (C, c) con a, b y c cualesquiera está ubicado en el plano (ABC) . Si son todos positivos, G pertenece al triángulo ABC . Por supuesto, estas propiedades se generalizan a todas las dimensiones.

RUIDO TÉRMICO INTRODUCIDO POR UNA RESISTENCIA EN UN CIRCUITO

*humana era la música,
natural era el ruido parásito...*

JOHN UPDIKE

El ruido introducido por una resistencia arbitraria en un circuito lineal arbitrario disminuye al aumentar el valor de la resistencia, siempre que sea lo suficientemente elevado.

Sea R una resistencia arbitraria, conectada en un circuito lineal arbitrario. (Fig. #1)

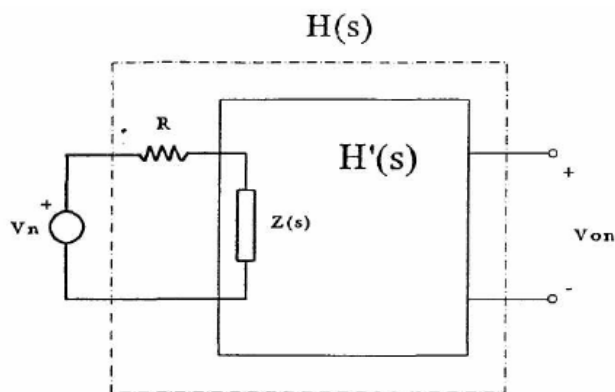


Fig. #1 Diagrama mostrando la resistencia R , la impedancia $Z(s)$ y la densidad espectral de tensión de ruido V_n , al estudiar el ruido térmico debido a una resistencia R conectada a un circuito lineal arbitrario.

Sea $H'(s)$ la función de transferencia desde los terminales de la resistencia a la salida del circuito. La densidad espectral de tensión de ruido debida a la resistencia es

$$V_{on}(f) = V_n \cdot |H(j2\pi f)| = V_n \cdot \left| \frac{Z(j2\pi f)}{Z(j2\pi f) + R} \cdot H'(j2\pi f) \right|$$

Ecuación #1

Aquí V_n es la densidad espectral de tensión de ruido y $H(s)$ es la función de transferencia para V_n . A causa del valor finito de $Z(s)$, tenemos $H(s) \neq H'(s)$.



Para el caso particular de una resistencia en paralelo con una capacidad (que puede ser la propia capacidad parásita de la resistencia, la integración del cuadrado de la Ecuación #1 desde frecuencia cero hasta infinito da el conocido resultado kT/C .

Para $R \gg |Z(j2\pi f)|$ podemos simplificar la Ecuación #1

$$V_{on}(f) = \frac{V_n}{R} \cdot |Z(j2\pi f) \cdot H'(j2\pi f)| = \frac{\sqrt{4kTR}}{R} \cdot |Z(j2\pi f) \cdot H'(j2\pi f)| = \sqrt{\frac{4kT}{R}} \cdot |Z(j2\pi f) \cdot H'(j2\pi f)|$$

Ecuación #2

Debido a que $H'(s)$ y $Z(s)$ son independientes de R , la densidad espectral de tensión de ruido disminuye al aumentar R . Este resultado es intuitivamente razonable.

Si se retira la resistencia, lo que implica un valor de la resistencia muy alto, ya no contribuye al ruido total del circuito. La condición $R \gg |Z(j2\pi f)|$ no es necesariamente muy restrictiva: si Z viene determinada por una capacidad, hecho habitual a frecuencias altas, su valor se reduce con la frecuencia. En electrocardiografía de alta resolución no se va más allá de 500Hz , pero incluso a esta frecuencia una capacidad de sólo 10pF ya tiene una impedancia mucho menor de $100\text{M}\Omega$.

El resultado anterior no implica que una resistencia de valor muy elevado sea beneficiosa en cualquier puerto del circuito. En particular, una resistencia de valor elevado en serie con una señal de tensión degradaría la relación señal-ruido. La Ecuación #2 muestra que las resistencias de valor elevado no son necesariamente un problema a causa del ruido térmico. Su contribución a la tensión de ruido a la salida depende de la impedancia de entrada y de la función de transferencia vistas desde sus terminales. Las impedancias de entrada de las señales no quedan en serie sino en paralelo con las señales de tensión. Por lo tanto, para estudiar su contribución conviene analizar la función de transferencia entre sus terminales y a la salida del amplificador.

Método general de análisis de ruido

En general los métodos de análisis de ruido propuestos son solo aplicables a una gama limitada de circuitos. Proponemos aquí un método general, válido para el análisis de cualquier circuito lineal con fuentes de ruido incorreladas.

Sea un circuito lineal con N fuentes de ruido incorreladas. En la figura #1 puede observarse el modelo propuesto para el cálculo del ruido. Cada fuente de ruido g_i (tensión o corriente) tiene su correspondiente función de transferencia, que será distinta, en general, de la función de transferencia de señal. La densidad espectral de tensión de ruido total a la salida es

$$v_{on}(f) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [g_i(f) \cdot |H_i(j2\pi f)|]^2}$$

Ecuación #3



siendo $g_i(f)$ la densidad espectral de tensión o corriente de ruido de la fuente i y $H_i(j2\pi f)$ es la respuesta frecuencial que el circuito presenta a la fuente i .

El valor eficaz de tensión de ruido a la salida debida a cada una de las fuentes $g_i(f)$ es

$$v_{efi}(f) = \sqrt{\int_{f_B}^{f_A} [g_i(f) \cdot H_i(j2\pi f)]^2 df} \quad \text{Ecuación \#4}$$

siendo f_B y f_A las frecuencias de corte inferior y superior, respectivamente, entre las cuales estamos interesados en calcular el ruido. Esta frecuencia puede venir determinada por el propio circuito donde están inmersas las fuentes de ruido o por una etapa posterior.

El valor eficaz de tensión de ruido total a la salida es

$$v_{ef} = \sqrt{\int_{f_B}^{f_A} v_{on}^2(f) df} \quad \text{Ecuación \#5}$$

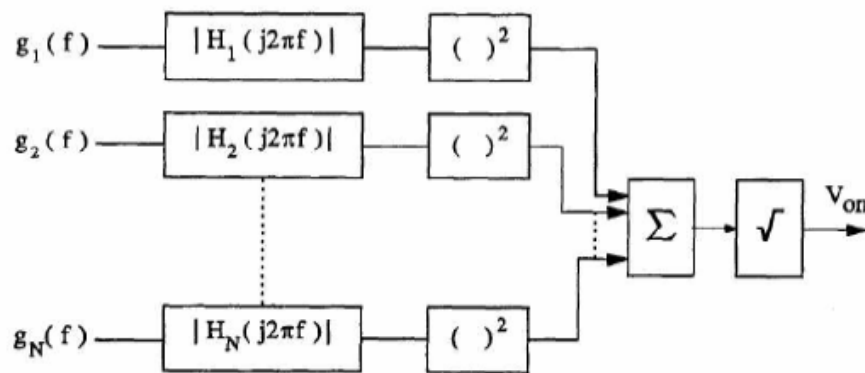


Fig. #2 Modelo para el cálculo del ruido a la salida de un circuito lineal general: cada fuente de ruido contribuye de acuerdo con su función de transferencia particular.

Este modelo indica que las fuentes de ruido más perjudiciales son aquellas cuya función de transferencia sea similar a la de la señal deseada. Todas las modificaciones que se introduzcan para la señal afectarán a dichas fuentes de ruido; un aumento del ancho de banda para la señal, por ejemplo, implicará un aumento de ruido.

En cambio, aquellas fuentes de ruido que vean una función de transferencia muy distinta a la de la señal, no tiene porque ser más perjudiciales si se aumenta el ancho de banda para la señal. Además, en el caso particular de las resistencias de valor elevado, hay que tener en cuenta el efecto limitador que tiene la impedancia que ven ($Z(s)$ en la figura #1).



Así pues, para predecir el ruido contribuido por una resistencia de valor no muy alto en un circuito hay que analizar dicho circuito.

MAQUINA SIMPLE

En física, una **máquina simple** es un mecanismo o conjunto de mecanismos que transforman, una fuerza aplicada en otra saliente, habiendo modificado, la magnitud de la fuerza, la dirección o el sentido, o una combinación de ellas, en una máquina simple se cumple la conservación de la energía, la energía ni se crea ni se destruye solo se transforma, la fuerza por el espacio aplicado, trabajo aplicado, tendrán que ser igual a la fuerza por el espacio resultante, trabajo resultante. *Una máquina simple ni crea ni destruye trabajo mecánico, transforma algunas de sus características.*

No confundir una máquina simple, con componentes de máquinas, o piezas para máquinas, ni con sistemas de control o regulación de otra fuente de energía. Una máquina simple transforma una fuerza aplicada o potencia, en otra saliente o resistencia, según el principio de conservación de la energía.

Las máquinas simples que podamos tratar aquí, esta formada por una serie de mecanismos, que los consideramos sin rozamiento, sin pérdidas de energía debido a l rozamiento, son máquinas teóricas que nos permiten establecer la relación entre la fuerza aplicada, su desplazamiento dirección y sentido, y la fuerza resultante, su desplazamiento su dirección y su sentido.

La lista tradicional de máquinas simples

- La palanca
La palanca es una barra rígida con un punto de apoyo, a la que se aplica una fuerza, potencia, y que girando sobre el punto de apoyo, vence una resistencia, se cumple la conservación de la energía y por tanto, la fuerza aplicada por su espacio recorrido ha de ser igual a la fuerza de resistencia por su espacio recorrido.
- El plano inclinado
En un plano inclinado aplicamos una fuerza según el plano inclinado, para vencer la resistencia vertical del peso del objeto a levantar. Dada la conservación de la energía, cuando el ángulo del plano inclinado es más pequeño con una misma fuerza aplicada podremos levantar más peso, pero el espacio que tendremos que recorrer será mayor.
- La polea
Una polea simple, transforma el sentido de la fuerza, aplicando una fuerza descendente, conseguimos una fuerza ascendente, el valor de la fuerza aplicada y la resultante es mismo, pero cambiada de sentido, en un polipasto, la proporción es distinta, pero se conserva igualmente la energía.
- La cuña
La cuña transforma una fuerza vertical en dos horizontales antagonistas, el ángulo de la cuña determina la proporción entre las fuerzas aplicada y resultante, de un modo parecido al plano inclinado.
- La tuerca husillo
El mecanismo tuerca husillo transforma un movimiento giratorio aplicado a un volante o manilla, en otro rectilíneo en el husillo, mediante un mecanismo de tornillo y tuerca. La fuerza aplicada por la longitud de la circunferencia del volante ha de ser igual a la



fuerza resultante por el avance del husillo, dado el gran desarrollo de la circunferencia y el normalmente pequeño avance del husillo, la relación entre las fuerzas es muy grande.

- La Biela manivela

La biela manivela, transforma el movimiento giratorio de la manivela en uno alternativo de la biela, hay que tener en cuenta que la biela y la manivela se mueven en el mismo plano y un giro regular de la manivela da lugar a un movimiento alternativo de la biela, la relación de fuerzas es más compleja que en los casos anteriores, porque a ángulos de giro iguales de la manivela no corresponden avances iguales de la biela.

Esta lista, sin embargo, no debe considerarse definitiva e inamovible. Algunos autores consideran a la cuña y al tornillo como aplicaciones del plano inclinado, otros incluyen a la rueda como una máquina simple.

Todas las máquinas simples convierten una fuerza pequeña en una grande, o viceversa. Algunas convierten también la dirección de la fuerza. La relación entre la intensidad de la fuerza de entrada y la de salida es la ventaja mecánica. Por ejemplo, la ventaja mecánica de una palanca es igual a la relación entre la longitud de sus dos brazos. La ventaja mecánica de un plano inclinado, cuando la fuerza actúa en dirección paralela al plano, es la cosecante del ángulo de inclinación.

Las máquinas simples con frecuencia se usan en combinación, como componentes de máquinas más complejas. Por ejemplo, en el tornillo de Arquímedes, una bomba hidráulica, el tornillo es un plano inclinado helicoidal.



MODELO

TURBINAS DE VAPOR

Cambios de estado con calor específico variable

En el caso de un intervalo considerable de temperatura, no es admisible la suposición de que el calor específico es constante, y se deben modificar adecuadamente las ecuaciones que se refieren a los cambios de estado. Algunos experimentos hechos sobre el calor específico de varios gases demuestran que éste puede tomarse algunas veces como una función lineal de la temperatura: así, $c_v = a + bT$; $c_p = a' + bT$. En este caso, se aplican las expresiones siguientes para los cambios de energía interna y de entropía, respectivamente:

$$U_2 - U_1 = w[a(T_2 - T_1) + 0.5b(T_2^2 - T_1^2)]$$

$$S_2 - S_1 = w[a \ln(T_2 / T_1) + b(T_2 - T_1) + AR \ln(V_2 / V_1)]$$

Y para un cambio isentrópico.

$$W_{12} = J(U_1 - U_2)$$

$$AR \ln(p_2 / p_1) = (a + AR) \ln(T_2 / T_1) + b(T_2 - T_1)$$

$$AR \ln(V_1 / V_2) = a \ln(T_2 / T_1) + b(T_2 - T_1)$$

Representación Gráfica.- El cambio de estado de una sustancia puede ilustrarse gráficamente tomando dos cualesquiera de las seis variables p , V , T , S , U , H como coordenadas independientes y trazando una curva que represente los valores sucesivos.

De estas dos variables a medida que se verifica el cambio. Aunque cualquier par puede escogerse, hay tres sistemas de representación gráfica que son particularmente útiles.

1. V y p . La curva (fig. 4) representa los valores simultáneos de p y V durante el cambio (reversible) del estado 1 al estado 2. El área comprendida entre la curva y el

eje OV está dada por la integral $\int_{V_1}^{V_2} p dV$, y por lo tanto, representa el trabajo externo

W_{12} efectuado por el gas durante el cambio. El área incluida en un ciclo cerrado represente el trabajo del ciclo (como en el diagrama indicador de la máquina de vapor.

2. S y T (fig. 5). La temperatura absoluta T se toma como ordenada; la entropía s está dada por la integral $\int_{s_1}^{s_2} T ds$, y representa por tanto el calor Q_{12} absorbido por la



sustancia de las fuentes externas, siempre que no haya efectos irreversibles. En el diagrama T-S, un proceso isotérmico es una recta, como AB, paralela al eje S; un proceso reversible adiabático es una recta como CD, paralela al eje T. En el caso de generación interna de calor por fricción, como en las turbinas de vapor, el incremento

de entropía está dado por $\int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ'}{T}$ y el área comprendida bajo la curva representa el calor Q' así engendrado. En este caso, la diabática no es una recta paralela al eje T.

3. S y H. EN el sistema de representación ideado por el Dr. Mollier, la entalpía H se toma como ordenada y la entropía S como abscisa. Si en este diagrama (fig. 6) se traza una línea de presión constante, como 1-2, el calor absorbido durante el cambio a presión constante está dado por $Q_{12} = H_2 - H_1$. Y este está representado por el segmento rectilíneo 23. El diagrama de Mollier es especialmente útil en problemas en los que intervienen el movimiento fluido, su estrangulamiento y la acción del vapor sobre las turbinas.

BARICENTRO

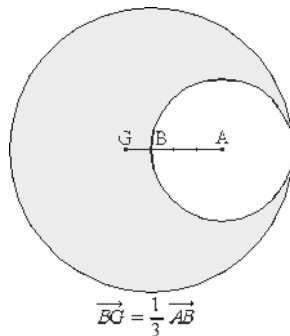
Propiedades algebraicas:

- **Homogeneidad:** no cambia el baricentro si se multiplica todas las masas por un mismo factor $k \neq 0$.
formalmente: $\text{bar} \{ (A_1, m_1), \dots, (A_n, m_n) \} = \text{bar} \{ (A_1, km_1), \dots, (A_n, km_n) \}$.
- **Asociatividad:** el baricentro se puede calcular reagrupando puntos, es decir introduciendo baricentros parciales.
- Por ejemplo, si $D = \text{bar} \{ (A, a), (B, b) \}$ (con $a + b \neq 0$) entonces $\text{bar} \{ (A, a), (B, b), (C, c) \} = \text{bar} \{ (D, a + b), (C, c) \}$ ($a + b + c \neq 0$)

Ejemplo de demostración: Consideremos de nuevo el centro de masa de un triángulo ABC. Llamemos I el centro del segmento [B,C]. Entonces $I = \text{bar} \{ (B, 1), (C, 1) \}$. Luego $G = \text{bar} \{ (A, 1), (B, 1), (C, 1) \} = \text{bar} \{ (A, 1), (I, 2) \}$, lo que significa que G está en el segmento [A,I], a un tercio del camino a partir de I.

El baricentro se puede definir en las matemáticas con coeficientes negativos. Como no existen masas negativas, ¿qué significado físico se puede atribuir a estos cálculos? He aquí un ejemplo muy sencillo: en una hoja de cartón, recortemos una medialuna como lo muestra la figura que sigue, constituido de un círculo en el cual hemos quitado otro círculo de radio dos veces menor. Nos preguntamos cuál es el centro de masa del creciente.

El cálculo resulta muy simplificado si consideramos la medialuna como una yuxtaposición de dos discos, uno grande con masa positiva, y el otro, pequeño, con masa negativa. Las masas son proporcionales a las áreas (densidad uniforme), lo que da una masa de 4 para el primer disco, y de -1 para el segundo. Entonces $G = \text{bar} \{ (A, -1), (B, 4) \}$.



Cálculo geométrico del baricentro:

El cálculo geométrico (con regla y compás) del baricentro de una forma rápida de un polígono (regular o irregular), se puede realizar de la siguiente forma:

Si tenemos un polígono de n vértices,

- Descomponer el polígono en triángulos y cuadriláteros disjuntos (que no tengan vértices en común).
- Calcular los baricentros de estos triángulos y cuadriláteros, y formar el polígono correspondiente.
- Volver al primer paso.

RUIDO TÉRMICO INTRODUCIDO POR UNA RESISTENCIA EN UN CIRCUITO.

Análisis del ruido en un buffer con bootstrap acoplado en alterna

Aplicaremos los resultados obtenidos en los aparatos anteriores a un cierto tipo de buffer utilizado en la etapa de entrada de un amplificador de bajo ruido para electrocardiografía de alta resolución, caracterizados por su capacidad de presentar impedancias de entrada alta sin exigir necesariamente resistencias de valor elevado.

Modelo del circuito de entrada

Antes de pasar al análisis del circuito, estableceremos los modelos para el amplificador operacional y para la interfaz electrodo-piel, por cuanto los primeros determinan el circuito equivalente de entrada para el amplificador, y la segunda determina la impedancia equivalente de salida para el generador de señal.

Modelo de la interfaz electrodo -piel

En lo que sigue al hablar de la interfaz electrodo-piel, se incluye el efecto del gel. Es pues, mas propiamente, la interfaz electrodo -electrolito-piel. La interfaz electrodo-piel se ha modelado mediante una resistencia en paralelo con un condensador. También se ha utilizado un modelo donde se ha añadido una resistencia en serie con el condensador para observar si los resultados variaban apreciablemente debido a su inclusión (Fig. #3). Este modelo corresponde a la impedancia de la piel por lo que será valido siempre que podamos despreciar las impedancias de los electrodos. Esta hipótesis se justifica si comparamos las impedancias que presentan los electrodos



y la que presenta la piel no preparada a las frecuencias de interés (por debajo de 500Hz)

El ruido de la interfaz se ha modelado con una fuente de tensión de ruido de valor igual al ruido térmico producido por la parte real de la impedancia de la interfaz. Es bien sabido que el ruido realmente será mayor. En

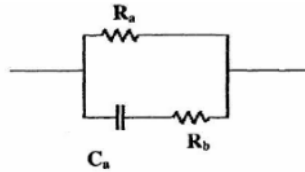


Fig. #3 Modelo de la impedancia Z_a de la interfaz electrodo-piel incluyendo una resistencia R_b en serie con la capacidad C_a .

En un principio no se ha tenido en cuenta este ruido en exceso. Más adelante se analizara su efecto.

Modelo del buffer

El buffer utilizado es propuesto para su aplicación a señales bioeléctricas. Se trata de un buffer acoplado en alterna con "bootstrap". Tiene la ventaja de que pueden conseguirse impedancias de entrada muy altas sin necesidad de utilizar resistencias de valor muy elevado. Este buffer es el utilizado en los sistemas de adquisición de electrocardiografía de alta resolución desarrollados y utilizados en la División de Instrumentación y Bioingeniería de los Departamento de Ingeniería Electrónica de ciertas Universidades. Otros mencionan este buffer como una alternativa para el acoplo en alterna de la señal de entrada. El esquema del buffer se encuentra en la Figura #4. En las resistencias solo se ha tenido en cuenta el ruido térmico. E ha incluido el modelo o de la interfaz electrodo-piel pues el ruido introducido por el buffer depende de la impedancia de la interfaz. El modelo del ruido utilizado para el *A.O.* es el de dos fuentes de corriente y una fuente de tensión, pues es el habitualmen te utilizado por los fabricantes. Las densidades espectrales de

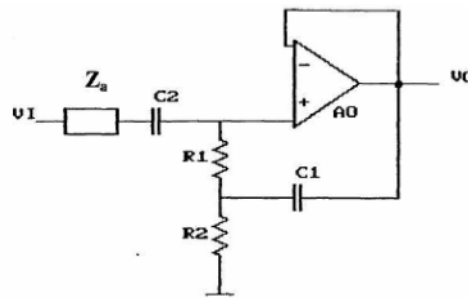


Fig. #4 Buffer para señales bioeléctricas empleado en los análisis.

tensión de ruido producida por las resistencias R_1 y R_2 son, respectivamente

$$e_1 = \sqrt{4kTR_1}$$

Ecuación #6

$$e_2 = \sqrt{4kTR_2}$$

Ecuación #7



La densidad espectral de tensión de ruido producida por la parte real de la impedancia Z_a de la interfaz electrodo-piel vale

$$e_a(f) = \sqrt{4kT \cdot \text{Re}[Z_a(j2\pi f)]}$$

Ecuación #8

en donde T es la temperatura absoluta a la que están las resistencias, k es la constante de Boltzmann ($k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$) y Z_a vale

$$Z_a(s) = \frac{R_a}{1 + sR_aC_a}$$

Ecuación #9

En el caso de tener en cuenta la resistencia R_b en serie con el condensador, la impedancia Z_a vale

$$Z_a(s) = R_a \frac{R_b C_a s + 1}{(R_a + R_b) C_a s + 1}$$

Ecuación #10

La densidad espectral de tensión de la fuente de tensión de ruido del A.O. puede modelarse con la siguiente expresión

$$e_n(f) = e_{nw} \sqrt{1 + \frac{f_{ce}}{f}}$$

Ecuación #11

en donde f_{ce} es la frecuencia a partir de la cual la densidad espectral de tensión de ruido es constante y e_{nw} es la densidad espectral de tensión de ruido en la zona plana. La densidad espectral de corriente de ruido del A.O. puede modelarse con la siguiente expresión

$$i_{n1}(f) = i_{n2}(f) = i_{nw} \sqrt{1 + \frac{f_{ci}}{f}}$$

Ecuación #12

en donde f_{ci} es la frecuencia a partir de la cual la densidad espectral de corriente de ruido es constante e i_{nw} es la densidad espectral de corriente de ruido en la zona plana. $i_{n1}(f)$ e $i_{n2}(f)$ son las densidades espectrales de corriente de ruido correspondientes a la entrada no inversora e inversora del A.O., respectivamente.

Todas las fuentes de ruido se suponen incorreladas. En realidad $e_n(f)$ está correlada con $i_{n1}(f)$ e $i_{n2}(f)$, pero la incertidumbre en los valores de estas fuentes de corriente supone un error mayor a que el debido a la suposición de que no están correladas.



Análisis del circuito de entrada

Siguiendo el método general de análisis de ruido, el análisis consiste en hallar las funciones de transferencia de todas las fuentes de ruido, calcular la contribución de cada fuente a la salida, integrar cada contribución en la banda de interés y sumar cuadráticamente todas las contribuciones.

Las ecuaciones de partida se deducen de una simple inspección del circuito de la Figura #5, que incluye todas las fuentes de ruido. Los valores de la tensión de ruido a la salida del buffer son los mismos que los valores equivalentes a la entrada debido a la ganancia unitaria del buffer para señal.

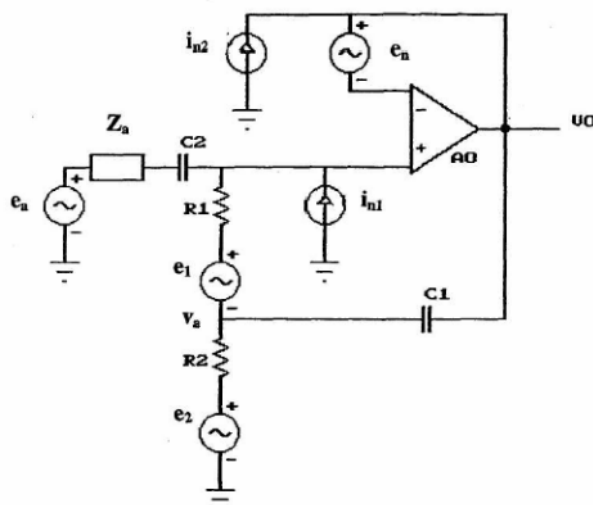


Fig. #5 Buffer con todas las fuentes de ruido incorporadas.

Las ecuaciones de partida para el análisis de la contribución de R_1 , son

$$(v_{01} - v_a)C_1s = \frac{v_a + e_1 - v_{01}}{R_1} + \frac{v_a}{R_2} \quad \text{Ecuación \#13}$$

$$\frac{v_a + e_1 - v_{01}}{R_1} = \frac{v_{01}}{Z_a + \frac{1}{C_2s}} \quad \text{Ecuación \#14}$$

v_{01} es la densidad espectral de tensión de ruido a la salida generada por e_1 .

De estas ecuaciones se deduce que la función de transferencia de la fuente de tensión de ruido generada por R_1 es

$$H_1(s) = \frac{s^2 R_2 Z_a C_1 C_2 + s(R_2 C_1 + Z_a C_2) + 1}{s^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s(R_1 + R_2 + Z_a)C_2 + 1} \quad \text{Ecuación \#15}$$

En la Figura #6 se representa esta función de transferencia para $C_1 = C_2 = 1\mu F$, $Z_a = R_a = 10k\Omega$, $R_1 = R_2 = 3.3M\Omega$ (línea continua) y $R_1 = R_2 = 10M\Omega$



(línea discontinua). Estos son valores utilizados frecuentemente y serán también los que se utilizarán en las siguientes graficas de las distintas funciones de transferencia de las fuentes de ruido. Se ha ampliado el eje de frecuencias más allá de la banda de interés para poder observar las diferentes zonas de las funciones de transferencia. Para frecuencias bajas H_1 vale 1, valor que se deduce también de una simple inspección del circuito. Sin embargo, en la banda de interés ($0.5\text{Hz} - 500\text{Hz}$) H_1 tiene un comportamiento decreciente al principio para luego volverse plana (con valor R_a/R_1). Esta última expresión confirma el resultado obtenido anteriormente en la primera parte: que resistencias de valor mas elevado introducen menos ruido, siempre que se cumpla la condición de que la resistencia vea entre sus terminales una impedancia mucho menor que el valor de la resistencia, lo que en este caso se cumple a frecuencias altas.

Las ecuaciones de partida para el análisis de la contribución de R_2 son

$$(v_{02} - v_a)C_1s = \frac{v_a - v_{02}}{R_1} + \frac{v_a - e_2}{R_2} \quad \text{Ecuación \#16}$$

$$\frac{v_a - v_{02}}{R_1} = \frac{v_{02}}{Z_a + \frac{1}{C_2s}} \quad \text{Ecuación \#17}$$

v_{02} es la densidad espectral de tensión de ruido a la salida generada por e_2 . De estas ecuaciones se deduce que la función de transferencia de la fuente de

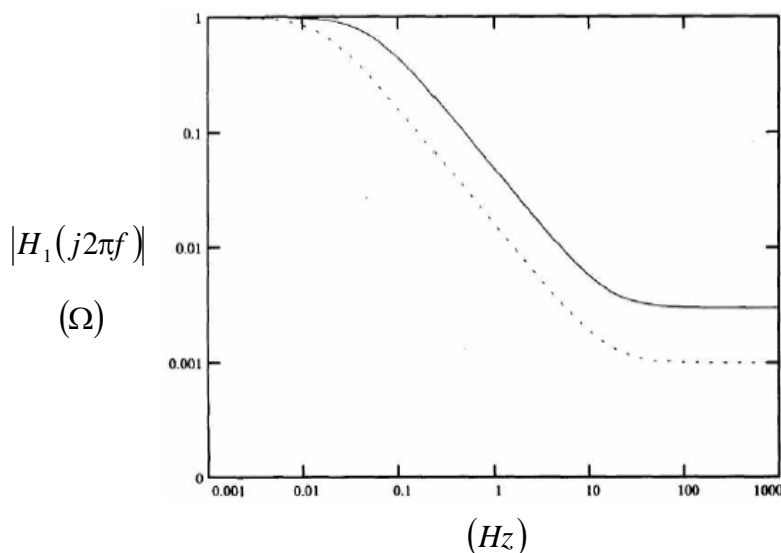


Fig. #6 Función de transferencia H_1 con $C_1 = C_2 = 1\mu\text{F}$, $Z_a = R_a = 10\text{k}\Omega$ y $R_1 = R_2 = 3.3\text{M}\Omega$ (línea continua) o $R_1 = R_2 = 10\text{M}\Omega$ (línea discontinua).

tensión de ruido generada por R_2 es



$$H_2(s) = \frac{sZ_a C_2 + 1}{s^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s(R_1 + R_2 + Z_a)C_2 + 1}$$

Ecuación #18

Esta función de transferencia se ha representado en la Figura #7. Vemos que, al igual que H_1 , a frecuencias bajas vale 1 (como también puede deducirse de una simple inspección del circuito), pero después decrece más rápidamente y de forma indefinida. Este resultado implica que R_1 introduce más ruido que R_2 . Se puede observar que aquí también, el ruido que introduce una resistencia mayor es menor, debido a que la función de transferencia disminuya al aumentar la resistencia.

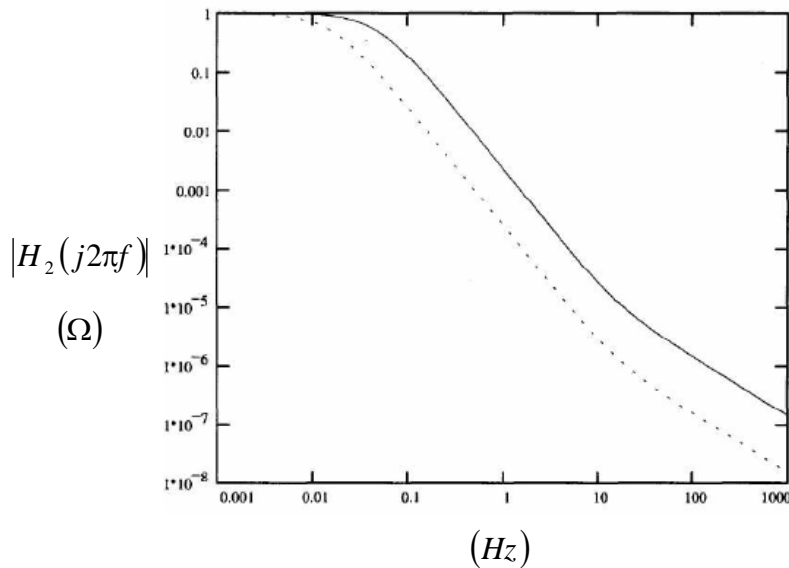


Fig. #7 Función de transferencia H_2 con $C_1 = C_2 = 1\mu F$, $Z_a = R_a = 10k\Omega$ y $R_1 = R_2 = 3.3M\Omega$ (línea continua) o $R_1 = R_2 = 10M\Omega$ (línea discontinua).

Las ecuaciones de partida para el análisis de la contribución de Z_a son

$$(v_{03} - v_a)C_1 s = \frac{v_a - v_{03}}{R_1} + \frac{v_a}{R_2}$$

Ecuación #19

$$\frac{v_a - v_{03}}{R_1} = \frac{v_{03} - e_s}{Z_a + \frac{1}{C_2 s}}$$

Ecuación #20

v_{03} es la densidad espectral de tensión de ruido a la salida generada por e_a . De estas ecuaciones se deduce que la función de transferencia de la fuente de tensión de ruido generada por la parte real de Z_a es

$$H_3(s) = \frac{s^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s(R_1 + R_2)C_2}{s^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s(R_1 + R_2 + Z_a)C_2 + 1}$$

Ecuación #21



Esta función de transferencia se ha representado en la Figura #8. Es una función de transferencia paso alto, lo que es lógico, ya que es la misma función de transferencia que la de la señal. Obsérvese que el ancho de banda para la señal es mayor para resistencias mayores. La función de transferencia vale aproximadamente 1 a partir de la frecuencia de corte, por lo que esta fuente introducirá mas ruido en el circuito que las fuentes debidas a R_1 y R_2 si la impedancia de la fuente de señal (electrodos) no es baja, especialmente si tenemos en cuenta que el ruido debido a los electrodos es en realidad mayor que el asociado a la parte real de su impedancia. Si domina el ruido de los electrodos, el utilizar resistencias mayores no hará que el ruido disminuya, pero tampoco aumentará.

Las ecuaciones de partida para el análisis de la contribución de la fuente de tensión de ruido del A.O. son

$$(v_{04} - v_a)C_1s = \frac{v_a - v_{04} + e_n}{R_1} + \frac{v_a}{R_2}$$

Ecuación #22

$$\frac{v_a - v_{04} + e_n}{R_1} = \frac{v_{04} - e_n}{Z_a + \frac{1}{C_2s}}$$

Ecuación #23

v_{04} es la densidad espectral de tensión de ruido a la salida generada por e_n .

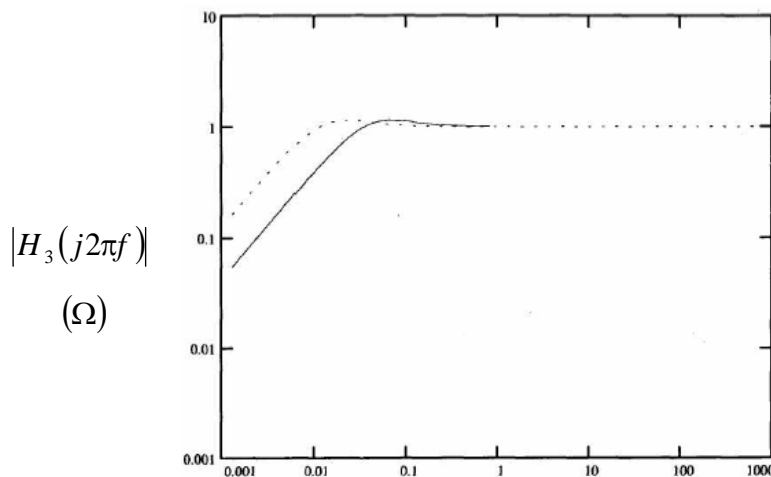


Fig. #8 Función de transferencia H_3 con $C_1 = C_2 = 1\mu F$, $Z_a = R_a = 10k\Omega$ y $R_1 = R_2 = 3.3M\Omega$ (línea continua) o $R_1 = R_2 = 10M\Omega$ (línea discontinua).

De estas ecuaciones se deduce que la función de transferencia de la fuente de tensión de ruido del amplificador operacional es

$$H_4(s) = \frac{s^2(R_1 + Z_a)R_2C_1C_2 + s[(R_1 + R_2 + Z_a)C_2 + R_2C_1] + 1}{s^2R_1R_2C_1C_2 + s(R_1 + R_2 + Z_a)C_2 + 1}$$

Ecuación #24



Esta función de transferencia se ha representado en la Figura #9. Vemos que vale aproximadamente 1 en toda la banda, y apenas varia al modificar al valor de las resistencias. A la vista de esta función de transferencia, se deduce que la influencia de la tensión de ruido del amplificador operacional en el ruido total dependerá del tipo elegido.

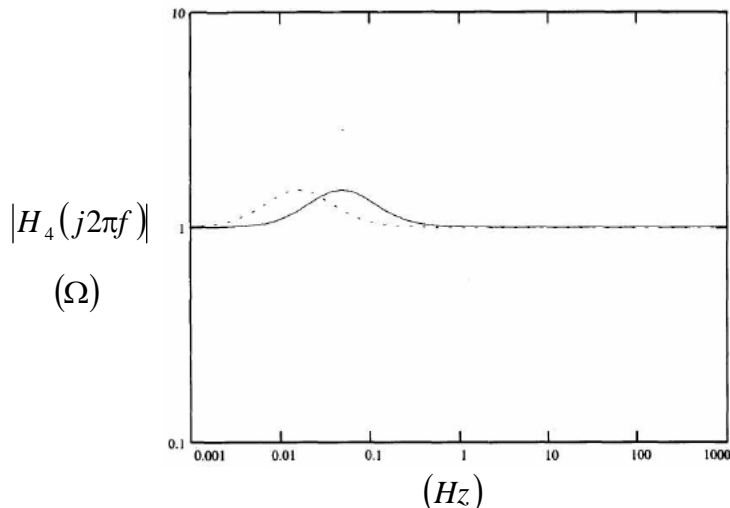


Fig. #9 Función de transferencia H_4 con $C_1 = C_2 = 1\mu F$, $Z_a = R_a = 10k\Omega$ y $R_1 = R_2 = 3.3M\Omega$ (línea continua) o $R_1 = R_2 = 10M\Omega$ (línea discontinua).

Las ecuaciones de partida para el análisis de la contribución de la fuente corriente de ruido de la entrada no inversora del amplificador operacional son

$$(v_{05} - v_a)C_1s = \frac{v_a - v_{05}}{R_1} + \frac{v_a}{R_2} \quad \text{Ecuación \#25}$$

$$\frac{v_a - v_{05}}{R_1} = \frac{v_{05}}{Z_a + \frac{1}{C_2s}} - i_{n1} \quad \text{Ecuación \#26}$$

v_{05} es la densidad espectral de tensión de ruido a la salida generada por i_{n1} .

De estas ecuaciones se deduce que la función de transferencia (transimpedancia) de esta fuente es

$$H_5(s) = \frac{s^2 R_1 R_2 Z_a C_1 C_2 + s [R_1 R_2 C_1 + (R_1 + R_2) Z_a C_2] + R_1 + R_2}{s^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s (R_1 + R_2 + Z_a) C_2 + 1} \quad \text{Ecuación \#27}$$

Esta función de transferencia se ha representado en la Figura #10. Vemos que no varía al modificar el valor de las resistencias en la banda de interés. La influencia de la corriente de ruido del amplificador operacional en el ruido total dependerá del valor de la corriente de ruido del tipo elegido.



$$|H_5(j2\pi f)|$$

$$(\Omega)$$

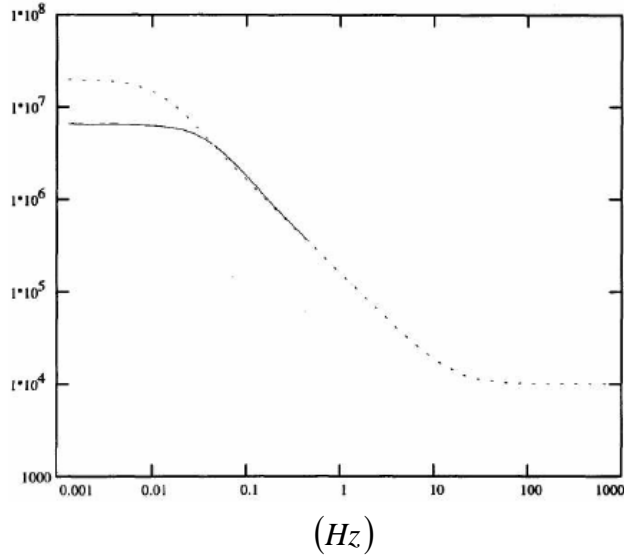


Fig. #10 Función de transferencia H_5 con $C_1 = C_2 = 1\mu F$, $Z_a = R_a = 10k\Omega$ y $R_1 = R_2 = 3.3M\Omega$ (línea continua) o $R_1 = R_2 = 10M\Omega$ (línea discontinua).

La densidad espectral de tensión de ruido a la salida generada por la fuente de corriente de ruido de la entrada inversora es despreciable debido a que la corriente circula a través de la impedancia de salida, que es muy pequeña.

Las graficas anteriores muestran formas muy diferentes para las distintas funciones de transferencia de las fuentes de ruido, lo que confirma lo dicho anteriormente: que cada fuente de ruido tiene su correspondiente función de transferencia, que será distinta, en general, de la función de transferencia de señal.

Las densidades espectrales de tensión de ruido a la salida generadas por las respectivas fuentes son

$$v_{01}(f) = |H_1(j2\pi f)|e_1$$

Ecuación #28

$$v_{02}(f) = |H_2(j2\pi f)|e_2$$

Ecuación #29

$$v_{03}(f) = |H_3(j2\pi f)|e_a(f)$$

Ecuación #30

$$v_{04}(f) = |H_4(j2\pi f)|e_n(f)$$

Ecuación #31

$$v_{05}(f) = |H_5(j2\pi f)|i_{n1}(f)$$

Ecuación #32

La densidad espectral de tensión de ruido total a la salida es

$$v_o(f) = \sqrt{\sum_{i=1}^5 V_{oi}^2(f)}$$

Ecuación #33



La expresión de los valores eficaces de tensión de ruido a la salida se obtiene integrando el módulo al cuadrado de las densidades espectrales de tensión de ruido en la banda de interés

$$v_{efi} = \sqrt{\int_{f_B}^{f_A} v_{oi}^2(f) df} \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

Ecuación #34

El valor eficaz de tensión de ruido total a la salida es

$$v_{ei} = \sqrt{\sum_{i=1}^5 v_{efi}^2}$$

Ecuación #35

RESOLUCIÓN

TURBINAS DE VAPOR

- En las turbinas de vapor se genera calor interno por fricción entonces calcular: La variación de la entropía S_{12} y encontrar el calor Q' .

$$\text{Si } S_1 = 30,5 \frac{kJ}{K} \quad \text{y} \quad S_2 = 40,4 \frac{kJ}{K}$$

$$T_1 = 480 \text{ K} \quad \text{y} \quad T_2 = 591 \text{ K}$$

Para encontrar lo que se pide primero debemos encontrar Q' entonces aplicamos la siguiente formula:

$$\int_1^2 \frac{dQ'_{rev}}{T} = S_2 - S_1 = S_{12} \quad S_{12} = 40,4 - 30,5 = 9,9 \frac{kJ}{K}$$

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ'}{T} = S_{12} \quad S_{12} = \frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} dQ' \quad 9,9 \frac{kJ}{K} = \frac{1}{591K - 480K} Q'$$

$$Q' = 9,9 \frac{kJ}{K} \cdot 111K = 1098,9kJ \times \frac{1kcal}{4,2kJ} \times \frac{1000cal}{1kcal} = 261642,836cal$$



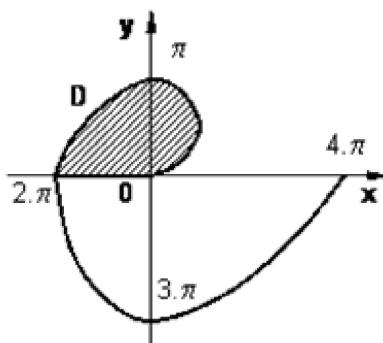
BARICENTRO

Calcular el baricentro del siguiente dominio plano definido en coordenadas polares (graficar el dominio):

$$r \leq 2, \theta, 0 \leq \theta \leq \pi$$

Si:

$$X_G = \frac{\iint_D x \cdot dx \cdot dy}{\iint_D dx \cdot dy} \quad y \quad Y_G = \frac{\iint_D y \cdot dx \cdot dy}{\iint_D dx \cdot dy}$$



Calculando el área con un cambio de fórmula a coordenadas polares:

$$A_D = \iint_D dx \cdot dy = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} (r_2(\theta))^2 d\theta = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} (2 \cdot \theta)^2 d\theta = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} 4\theta^2 d\theta = 2 \int_0^{\pi} \theta^2 d\theta$$

$$A_D = 2 \cdot \frac{\theta^3}{3} \Big|_0^{\pi} = \frac{2 \cdot \pi^3}{3}$$

Para mayor claridad en la resolución:

$$X_G = I_1/A_D$$

$$Y_G = I_2/A_D$$

Cambiando a coordenadas polares:

$$x = r \cdot \cos \theta$$

$$y = r \cdot \sin \theta$$

$$|J| = r \cdot dr \cdot d\theta$$

$$0 \leq \theta \leq \pi$$

$$0 \leq r \leq 2 \cdot \theta$$

Resolviendo:

$$I_1 = \iint_D x \cdot dx \cdot dy = \iint_D (r \cdot \cos \theta) \cdot r \cdot dr \cdot d\theta = \iint_D r^2 \cdot \cos \theta \cdot dr \cdot d\theta = \int_0^{\pi} \cos \theta \cdot d\theta \int_0^{2\theta} r^2 \cdot dr$$

$$I_1 = \int_0^{\pi} \cos \theta \cdot d\theta \int_0^{2\theta} r^2 \cdot dr = \int_0^{\pi} \cos \theta \cdot \left(\frac{r^3}{3} \right)_0^{2\theta} \cdot d\theta = \int_0^{\pi} \cos \theta \cdot \frac{(2\theta)^3}{3} \cdot d\theta = \int_0^{\pi} \cos \theta \cdot \frac{8\theta^3}{3} \cdot d\theta$$

$$I_1 = \frac{8}{3} \int_0^{\pi} \theta^3 \cdot \cos \theta \cdot d\theta$$



$$\begin{array}{rcl}
 \theta^3 & + & \cos\theta \\
 3\theta^2 & - & \operatorname{sen}\theta \\
 6\theta & + & -\cos\theta \\
 6 & - & -\operatorname{sen}\theta \\
 0 & + & \cos\theta
 \end{array}$$

$$I_1 = \frac{8}{3} \left[\theta^3 \cdot \operatorname{sen}\theta + 3\theta^2 \cdot \cos\theta - 6\theta \cdot \operatorname{sen}\theta - 6 \cdot \cos\theta \right]_0^\pi = \frac{8}{3} \left[3\pi^2 \cdot \cos\pi - 3 \cdot 0^2 \cdot \cos 0 - 6 \cdot \cos\pi + 6 \cdot \cos 0 \right]$$

$$I_1 = \frac{8}{3} \left[3\pi^2 \cdot (-1) - 6 \cdot (-1) + 6 \cdot 1 \right] = \frac{8}{3} \left[-3\pi^2 + 6 + 6 \right] = \frac{8}{3} \left[-3\pi^2 + 12 \right] = 8 \left[-\pi^2 + 4 \right]$$

$$I_2 = \iint_D y \cdot dx \cdot dy = \iint_D (r \cdot \operatorname{sen}\theta) \cdot r \cdot dr \cdot d\theta = \iint_D r^2 \cdot \operatorname{sen}\theta \cdot dr \cdot d\theta = \int_0^\pi \operatorname{sen}\theta \cdot d\theta \int_0^{2\theta} r^2 \cdot dr$$

$$I_2 = \int_0^\pi \operatorname{sen}\theta \cdot d\theta \int_0^{2\theta} r^2 \cdot dr = \int_0^\pi \operatorname{sen}\theta \cdot \left(\frac{r^3}{3} \right)_0^{2\theta} \cdot d\theta = \int_0^\pi \operatorname{sen}\theta \cdot \frac{(2\theta)^3}{3} \cdot d\theta = \int_0^\pi \operatorname{sen}\theta \cdot \frac{8\theta^3}{3} \cdot d\theta$$

$$I_2 = \frac{8}{3} \int_0^\pi \theta^3 \cdot \operatorname{sen}\theta \cdot d\theta$$

$$\begin{array}{rcl}
 \theta^3 & + & \operatorname{sen}\theta \\
 3\theta^2 & - & -\cos\theta \\
 6\theta & + & -\operatorname{sen}\theta \\
 6 & - & \cos\theta \\
 0 & + & \operatorname{sen}\theta
 \end{array}$$

$$I_2 = \frac{8}{3} \left[\theta^3 \cdot \cos\theta + 3\theta^2 \cdot \operatorname{sen}\theta + 6\theta \cdot \cos\theta - 6 \cdot \operatorname{sen}\theta \right]_0^\pi = \frac{8}{3} \left[-\pi^3 \cdot \cos\pi + 0^3 \cdot \cos 0 + 6\pi \cdot \cos\pi - 6 \cdot 0 \cdot \cos 0 \right]$$

$$I_2 = \frac{8}{3} \left[-\pi^3 \cdot (-1) + 6\pi \cdot (-1) \right] = \frac{8}{3} \left[\pi^3 - 6\pi \right] = \frac{8\pi}{3} \left[\pi^2 - 6 \right]$$

Reemplazando:

$$X_G = \frac{I_1}{A_D} = \frac{8 \cdot \left[-\pi^2 + 4 \right]}{\frac{2\pi^3}{3}} = \frac{3 \cdot 4 \cdot \left[-\pi^2 + 4 \right]}{\pi^3} = \frac{12 \cdot \left[-\pi^2 + 4 \right]}{\pi^3}$$

$$Y_G = \frac{I_2}{A_D} = \frac{\frac{8\pi}{3} \left[\pi^2 - 6 \right]}{\frac{2\pi^3}{3}} = \frac{4 \cdot \left[\pi^2 - 6 \right]}{\pi^2}$$

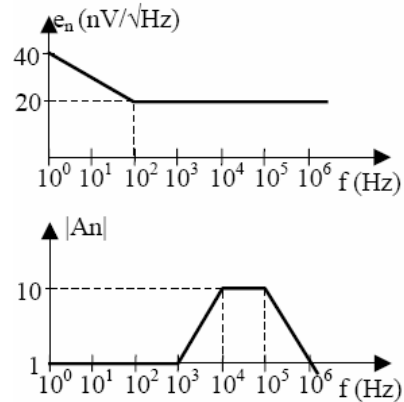
Expresando el punto:

$$G = \left(\frac{12 \cdot \left[-\pi^2 + 4 \right]}{\pi^3}, \frac{4 \cdot \left[\pi^2 - 6 \right]}{\pi^2} \right)$$



Cálculo de ruido a la salida de un amplificador integrando por tramos.

Estimar el valor rms de tensión a la salida de un amplificador, si la densidad espectral de ruido de tensión a la entrada es la que se muestra en la gráfica superior, y la respuesta frecuencial del amplificador es la que se muestra en la gráfica inferior.



Si la señal de entrada del amplificador es de 0.5 Vpp, determinar el SNR.

Solución

La densidad espectral en la salida del amplificador es,

$$e_{no}^2(f) = |A_n(jf)|^2 e_{ni}^2(f)$$

el valor rms a la salida del amplificador es,

$$E_{norms} = \sqrt{\int_{f_L}^{f_H} e_{no}^2(f) df}$$

La integral la evaluamos por tramos de frecuencia, buscando situaciones ya previamente calculadas:

$$\int_{1Hz}^{\infty} e_{no}^2(f) df = \int_{1Hz}^{1KHz} e_{no}^2(f) df + \int_{1KHz}^{10KHz} e_{no}^2(f) df + \int_{10KHz}^{\infty} e_{no}^2(f) df$$

a) En el rango ($f_L = 1Hz - f_H = 1KHz$) nos encontramos un ruido con espectro tipo circuito integrado, (con $f_{ce} = 100Hz$, $e_{no} = 20 nV/\sqrt{Hz}$):

$$E_{no1} = \sqrt{\int_{1Hz}^{1KHz} e_{no}^2(f) df} = e_{no} \sqrt{f_{ce} \ln\left(\frac{f_H}{f_L}\right) + f_H - f_L} = 0.822 \mu V$$

b) En el rango ($f_L = 1KHz - f_H = 10KHz$) el ruido es blanco y de valor $e_{no} = 20 nV/\sqrt{Hz}$, y la ganancia del amplificador se amplifica a razón de $20 dB/dC$. Esta situación no ha sido previamente estudiada y debe ser integrada:

$$E_{no2} = \sqrt{\int_{1KHz}^{10KHz} e_{no}^2(f) df} = e_{no} \sqrt{\int_{1KHz}^{10KHz} \frac{f^2}{10^3} df} = \frac{e_{no}}{10^3} \sqrt{\left[\frac{f^3}{3}\right]_{1KHz}^{10KHz}} =$$



$$= 0.02 \times 10^{-9} \sqrt{\frac{(10^4)^3}{3} - \frac{(10^3)^3}{3}} = 11.5 \mu V$$

c) A partir de la frecuencia $f_L = 1 \text{ KHz}$ el ruido es blanco y de valor $e_{no} = 20 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, y el amplificador funciona con ganancia 10 y $BW = 10^5 \text{ Hz}$. Esta situación ya ha sido calculada y el valor rms que resulta es,

$$E_{no3} = \sqrt{\int_{10 \text{ KHz}}^{\infty} e_{no}^2(f) df} = e_{no} |A_o| \sqrt{1.57 BW - f_L} =$$
$$= 20 \times 10^{-9} \cdot 10 \sqrt{1.57 \times 10^5 - 1 \times 10^4} = 76.7 \mu V$$

El valor rms total en la salida del amplificador será,

$$E_{no} = \sqrt{E_{no1}^2 + E_{no2}^2 + E_{no3}^2} = \sqrt{0.822^2 + 11.5^2 + 76.7^2} = 77.5 \mu V$$

Para calcular la relación señal ruido, debemos obtener el nivel de ruido a la entrada,

$$E_{ni} = \frac{E_{no}}{1} = 77.5 \mu V$$

la relación señal ruido es,

$$SNR = 20 \log \frac{E_{srms}}{E_{nrms}} = 20 \log \frac{0.5}{77.5 \times 10^{-6}} = 67.2 \text{ dB}$$

MAQUINAS SIMPLES

Todas las máquinas simples convierten una fuerza pequeña en una grande, o viceversa. Algunas convierten también la dirección de la fuerza. La relación entre la intensidad de la fuerza de entrada y la de salida es la ventaja mecánica. Por ejemplo, la ventaja mecánica de una palanca es igual a la relación entre la longitud de sus dos brazos. La ventaja mecánica de un plano inclinado, cuando la fuerza actúa en dirección paralela al plano, es la cosecante del ángulo de inclinación.

Las máquinas simples con frecuencia se usan en combinación, como componentes de máquinas más complejas. Por ejemplo, en el tornillo de Arquímedes, una bomba hidráulica, el tornillo es un plano inclinado helicoidal.

VIGAS CURVAS

Establecer las relaciones básicas necesarias para obtener la distribución de esfuerzos en una viga curva, debidos a la flexión considerada aisladamente y deducir la ecuación que da la distribución de los esfuerzos de flexión.



Solución:

- Considerar un elemento diferencial de la viga correspondiente a un ángulo $d\theta$.
- Como resultado de la flexión, y de que las secciones planas permanecen planas, una sección cualquiera p-q rota a $p'-q'$, con tracción sobre la fibra interna y compresión sobre la externa. La rotación deja fijo un punto sobre el eje neutro. El alargamiento de la fibra a una distancia y de la superficie neutra es $yd\phi$.

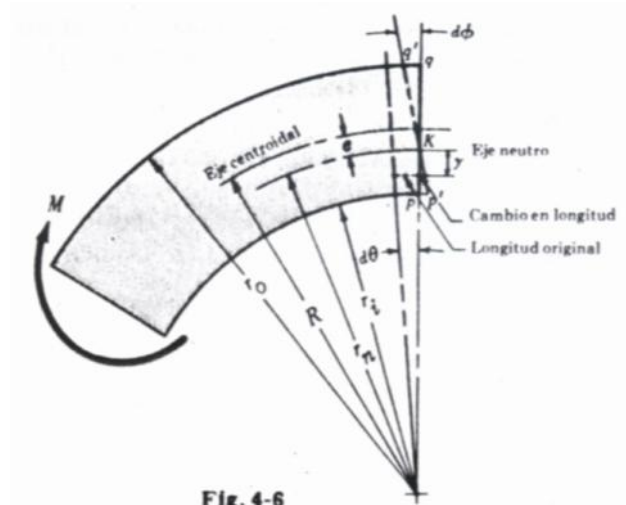


Fig. 4-6

- La longitud original de la fibra diferencial es $(r_n - y)d\theta$
- Como el esfuerzo es proporcional a la deformación,

$$s = \epsilon E = \frac{\Delta l}{l} E \quad \text{o} \quad s = \frac{yd\theta}{(r_n - y)d\theta} E \quad . \quad \text{Donde } s \text{ es el esfuerzo de flexión.}$$

- La suma de todas las fuerzas diferenciales debe ser cero para el equilibrio; entonces.

$$\int s' dA = 0 \quad \text{o} \quad \int \frac{yd\phi E dA}{(r_n - y)d\theta} = 0 \quad \text{o} \quad \frac{d\phi}{d\theta} E \int \frac{y dA}{r_n - y} = 0$$

- Además, el momento de las fuerzas diferencial alrededor de cualquier punto debe ser igual al par aplicado M .

Tomando el punto K como un centro conveniente de momentos.

$$\int s dA = 0 \quad \text{o} \quad \int \left[\frac{yd\phi}{(r_n - y)d\theta} E \right] y dA = M \quad \text{o} \quad \frac{d\phi}{d\theta} E \int \frac{y^2}{r_n - y} dA = M$$

- Manejando $\int \frac{y^2}{(r_n - y)} dA = M$ y dividiendo $(r_n - y)$ por y^2 , se obtiene

-

$$r_n \int \frac{y}{r_n - y} dA - \int y dA = M$$



j) Pero de (f), $\int \frac{y}{r_n - y} dA = 0$ y $\int y' dA$ representa el momento alrededor del eje neutro de las áreas diferenciales que comprenden la sección. Por tanto, $\int y dA$ puede escribirse como Ae , donde e es la distancia del eje neutro al eje centroidal.

k) Así, la ecuación en (g) puede escribirse $\frac{d\phi}{d\theta} E \int \frac{y^2}{r_n - y} dA = M = \frac{d\phi}{d\theta} E[Ae]$ o

$$\frac{d\phi}{d\theta} E = \frac{M}{Ae}$$

l) La Ecuación de esfuerzos en (e) puede escribirse $s = \frac{y d\phi}{(r_n - y) d\theta} E = \frac{M}{Ae} \frac{y}{r_n - y}$

la cual da la variación del esfuerzo.

CONCLUSIONES

La aplicación de las turbinas es muy frecuente para obtener energía eléctrica ya sea por cualquier método posible. Un claro ejemplo es que las turbinas se pueden utilizar de muchas maneras como, por ejemplo, en una central térmica, una hidroeléctrica o una geotérmica (ver páginas siguientes).

Las turbinas han evolucionado mucho desde que surgieron como unas simples ruedas, después empezaron a conectarse a otros aparatos para utilizarse con máquinas como las de un molino de papel (un claro ejemplo de molino de papel es el de Capellades) pero aquí no se detuvo su evolución y siguió evolucionando hasta las centrales (normalmente eléctricas) de hoy en día. Un ejemplo de una de las centrales hidroeléctricas más modernas de España es la central reversible de Capdella en el Pallars Jussà. En esta central utilizan el agua del Estany Gento para mover las turbinas y producir, mediante alternadores, energía eléctrica. Pero por la noche se hace el proceso contrario, debajo del lago han hecho un embalse donde almacenan el agua que, por la noche bombean otra vez hacia arriba con una pequeña parte de la energía producida.

Mediante las turbinas hemos podido aprovechar diversas energías que no podrían haber sido aprovechadas de otra manera. Con éstas hemos podido sacar provecho de muchos tipos distintos de energías como la nuclear o la térmica.

Un valor alto de resistencias y un ancho de banda mayor no significan necesariamente un ruido equivalente a la entrada mayor. Las funciones de transferencia para las diferentes fuentes de ruido no son iguales entre ellas, ni necesariamente iguales a la función de transferencia de la señal. Esto explica el que el aumento del valor de una resistencia en un circuito no signifique necesariamente un aumento en el ancho de banda. El ruido total, tanto calculado como medido, es pequeño, de forma que no limita la detección de micropotenciales cardiacos. Supuesto, claro esta, que elegimos adecuadamente los valores de los componentes y el amplificador operacional.

Los resultados muestran que el ruido total a la salida es muy inferior si se utiliza el amplificador A (de entrada FET), que si se utiliza el amplificador B (de entrada bipolar). La razón hay que buscarla en la corriente de ruido relativamente alta del



amplificador B si la comparamos con la del amplificador A. Vemos que ni siquiera la consecución de unos buenos valores para los parámetros de la interfaz electrodo -piel (una R_a baja y una C_a alta) puede compensar la elección inadecuada del amplificador operacional.

La introducción en el modelo de la interfaz electrodo -piel la capacidad en paralelo C_a tiene como consecuencia una disminución del ruido total a la salida, especialmente para valores grandes de R_a . La introducción en el modelo de una resistencia R_b de 300Ω en serie con C_a no produce un cambio apreciable en el ruido total. El hecho de que el ruido de la interfaz electrodo -piel sea mayor que el ruido térmico asociado a su parte real provoca que la disminución del ruido al aumentar el valor de las resistencias sea menor. Además, el ruido total en este caso si puede influir en la detección de micropotenciales cardiacos.

REFERENCIAS

- Ⓜ http://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_vapor
- Ⓜ www.monografias.com/monografias/ruido/termico/
- Ⓜ <http://es.wikipedia.org/wiki/baricentro>
- Ⓜ Beranek, Leo L. (Ed): "Noise Reduction". McGraw-Hill Book Company, New York USA, 1960.
- Ⓜ Berglund, Birgita; Berglund, Ulf; Lindvall, Thomas "Scaling loudness, noisiness and annoyance of community noises". Journal of the Acoustical Society of America 60 (5), Nov 1976, pp 1119-1125.
- Ⓜ Diseño de Máquinas.- Fletcher, H; Munson.

supersanti_plus@hotmail.com