 **UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TÍTULO DE LA MEMORIA DE TÍTULO**

Subtítulo (si corresponde) de la Memoria de Título

POR

**Nombre completo del memorista (según registro UDARAE)**

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para optar al título profesional de Ingeniero(a) Civil Electrónico(a)

Profesor(es) Guía

Nombre profesor(es) guía

Profesor(es) Guía

Nombre profesor(es) guía (si corresponde)

Profesional Supervisor

Nombre profesional supervisor (si corresponde)

Enero 2023

Concepción (Chile)

©2023 Nombre completo del estudiante memorista

©2023 Nombre completo del estudiante memorista

Ninguna parte de esta tesis puede reproducirse o transmitirse bajo ninguna forma o por ningún medio o procedimiento, sin permiso por escrito del autor.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

(Escoja alguna de estas alternativas)

*A los alumnos del pasado, presente y futuro del L.C.D.A.*

**Agradecimientos**

Consulte a su profesor guía por si hubiera que agradecer a un proyecto, empresa, etc. por los antecedentes y el formato en cómo debe citarse. Esto es usual si su trabajo es parte de un trabajo de investigación (por ejemplo, FONDECYT, FONDEF, FONDAP, FONDEQUIP, etc.)

Si Ud. tuvo o tiene una beca o financiamiento para estos estudios de pre-grado, también es usual y un buen gesto que cite al organismo aportante. En algunos casos es requisito como parte del contrato de beca (o beneficio en general), agradecer al organismo benefactor.

**Sumario**

Esta página contiene el resumen de su memoria en idioma español. Su extensión no debe superar una página. El sumario debe contener: el contexto, el problema o situación, cómo se soluciona o aborda actualmente, los problemas / errores / desventajas / etc. de la solución actual, su solución y los resultados o características principales de su solución.

En este documento se entregan los aspectos fundamentales y detallados del formato y contenidos al que debe ajustarse todo informe de memoria de título de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica que se genere en el LCDA. En particular, se especifican los márgenes; el uso de simbología y acrónimos; el contenido de la introducción y de las conclusiones; los formatos de: títulos y sub-títulos, tablas, figuras y ecuaciones; y la forma de presentar las referencias y anexos

La totalidad del documento está automatizado. En particular, la numeración de los capítulos, ecuaciones, tablas, figuras, anexos y referencias. También está automatizada la referenciación a éstos. Se sugiere modificar los elementos actuales o bien copiar/pegarlos (tablas, figuras, ecuaciones, anexos, etc.) para ampliar el contenido. Se sugiere que regularmente seleccione todo su documento y actualice. También mantenga encendida la opción de “Mostrar u ocultar las marcas de formato” con el botón ¶ del editor para una mirada rápida de la uniformidad de los formatos.

**Summary**

This page contains your thesis’s summary, in English. Its length must not exceed one page.

**Tabla de Contenidos**

1. Introducción 1

1.1. Introducción General 1

1.2. Trabajos Previos 1

1.2.1 De los Formatos 1

1.2.2 De los Contenidos 1

1.2.3 Discusión 2

1.3. Hipótesis de Trabajo 3

1.4. Objetivos 3

1.4.1 Objetivo General 3

1.4.2 Objetivos Específicos 3

1.5. Alcances y Limitaciones 4

1.6. Temario y Metodología 4

2. Uso de Nomenclatura y Abreviaciones 5

2.1. Introducción 5

2.2. Nomenclatura 5

2.2.1 Matrices 5

2.2.2 Vectores 5

2.2.3 Escalares 5

2.3. Abreviaciones 5

2.4. Discusión y Conclusiones 5

3. Contenido de la Introducción y Conclusiones 6

3.1. Introducción 6

3.2. Contenidos 6

3.2.1 De la Introducción 6

3.2.2 De las Conclusiones 6

3.3. Discusión y Conclusiones 6

4. Formatos Específicos 7

4.1. Introducción 7

4.2. Márgenes, Espaciamiento, Fuente y Numeración 7

4.3. Títulos y Sub-títulos 7

4.4. Tablas, Figuras y Ecuaciones 7

4.4.1 Tablas 7

4.4.2 Figuras 8

4.4.3 Ecuaciones 9

4.5. Bibliografía 10

4.6. Anexos 10

4.7. Discusión y Conclusiones 10

5. Conclusiones 11

5.1. Sumario 11

5.2. Conclusiones 11

5.3. Trabajo Futuro 11

Nomenclatura 12

Abreviaciones 15

Referencias 16

A. Leyes Importantes 17

A.1. Ley de Ohm 17

A.2. Leyes de Murphy 17

B. Otros Tips 18

B.1. Capacitor 18

B.2. Inductores 18

**Lista de Tablas**

[Tabla 4.1 Tipos de Formatos de Títulos 7](#_Toc125652309)

[Tabla 4.2 Tabla con Valores Numéricos 8](#_Toc125652310)

**Lista de Figuras**

[Fig. 1.1 Topología de potencia de un convertidor multi-celda. 2](#_Toc125652311)

[Fig. 4.1 Rectificador Fuente de Voltaje 8](#_Toc125652312)

[Fig. 4.2 Formas de Onda del Rectificador Fuente de Voltaje 9](#_Toc125652313)

#

# Introducción

## Introducción General

La introducción general ilustra el contexto del trabajo realizado. Es importante situar el trabajo concluido en el ámbito más general de la disciplina de la Ingeniería Eléctrica y a su vez en la Ingeniería en general.

## Trabajos Previos

Aquí se realiza la revisión bibliográfica clasificada por ítems preferentemente. Por ejemplo, se puede indicar que no hay trabajos previos respecto de cómo escribir un informe de Memoria de Título. Sólo se cuenta con los trabajos realizados anteriormente [1]. También se tiene el Reglamento de Memoria de Título [2] que define el lineamiento general de éste. Se acepta enumerar las referencias como se indica en el capítulo de referencias. Es importante que en el capítulo de bibliografía se ciña a los estándares para indicar las citas bibliográficas. Esta están estandarizadas para citar conferencias, revistas, libros, tesis, memorias, apuntes y páginas www. En el capítulo bibliografía de este documento se puede encontrar el uso estandarizado en base a lo recomendado por el IEEE [3].

### De los Formatos

No hay publicaciones respecto de cómo escribir, sólo generalidades en [2].

### De los Contenidos

Suponga que el tema es de convertidores estáticos entonces acá habría lo siguiente.

♣ J. Espinoza, J. Espinoza, and L. Morán. “A Systematic Controller Design Approach for Neutral-Point-Clamped Three-Level Inverters,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 52, no 6, pp. 1589-1599, Dec. 2005.

En este trabajo se presenta una técnica de modulación que permite balancear los voltajes de enlace de un inversor de tres niveles. La técnica está basada en la clásica PWM, pero a diferencia de las tradicionalmente utilizadas en estos equipos, la propuesta utiliza un offset para las moduladoras. Este offset se transforma en una entrada más desde el punto de vista de control, que permite regular la diferencia de voltaje en el enlace a cero en un esquema en lazo cerrado. Sin embargo, la técnica no incluye inyección de secuencia cero, lo que redunda en una pobre utilización del voltaje del enlace. Se destaca el set de resultados experimentales que son apropiados para ilustrar la propuesta.

♣ C. Baier, M. Pérez, J. Espinoza, and J. Rodríguez “Analysis of a Multi-Cell Topology implemented with Single-Phase Non-Regenerative Cells Under an Unbalanced AC Mains,” in Conf. Rec. IECON’05, Raleigh, NC, USA, Nov. 6 – 10, 2005, [7].

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Fig. 1.1 Topología de potencia de un convertidor multi-celda.

**(a)** convertidor, **(b)** celda.

Este trabajo ilustra cómo la simulación permite obtener resultados que experimentalmente resultarían costosos y de alto riesgo para las personas. Es más, producir desbalances en la red de alimentación no es algo trivial de lograr en un laboratorio. En este trabajo se muestra cómo la simulación permite obtener resultados satisfactorios. El trabajo también incluye resultados experimentales preliminares de una estructura en particular que permiten corroborar la teoría, Fig. 1.1. Sin embargo, las características ideales de la fuente de alimentación dejan todavía aspectos no cubiertos por el trabajo.

### Discusión

Esta parte es fundamental en la revisión bibliográfica por cuanto establece las bases para justificar el trabajo que se desarrollará posteriormente. Aquí se debe resumir en un párrafo o dos el estado del arte de su tema destacando aspectos tales como las ventajas y desventajas de cómo se aborda hasta ahora. Esto debe hacerse en forma responsable, con un lenguaje exclusivamente técnico, evitando excesos en sus apreciaciones y en ningún caso comentar aspectos que no son evidentes de las citas bibliográficas, pues tenga en mente que a quienes cita en su trabajo podrían leer su informe. Finalmente, recuerde que las desventajas tales como *ineficiencias*, *imprecisiones*, *simplificaciones*, *limitaciones*, *escalamiento*, *costo*, *obsolescencia*, etc. de los trabajos pasados son la justificación para su trabajo.

Por ejemplo, frases típicas a encontrar en esta parte del documento son: “*La revisión realizada muestra que la inyección de secuencia cero y la utilización de modelos más realistas de la red de alimentación no están abordados. En este trabajo se considera la secuencia cero y se utilizan modelos exactos basados en las librerías Spice*”… otra frase típica podría ser: “*La literatura muestra que las estrategias de control han sido implementadas en forma análoga; no obstante, los hardware actuales como FPGAs y su bajo costo permiten la implementación de estrategias más elaboradas. En este trabajo se proponen estrategias de control no-lineales que requieren procesamiento matemático avanzado que es posible de implementar en las actuales FPGAs* ”.

## Hipótesis de Trabajo

Aquí se indica la “apuesta” – si hubiere – que se realiza en el desarrollo del trabajo. Podría ser hipótesis general de este trabajo “una estructura ordenada de presentación escrita ayuda a la fácil comprensión de su contenido”. Tenga presente que:

* + El largo de un trabajo de memoria de título no debe superar las 70 a 80 hojas de contenido, un largo mayor despierta suspicacias en la comisión.
	+ Los desarrollos matemáticos deben incluirse en anexos para no entorpecer la lectura de fondo.
	+ La utilización de tipos de letras debe ser uniforme para dar el realce apropiado a cada parte. En particular, en figuras y tablas.
	+ El documento debe ser numerado por capítulo para que la enumeración de ecuaciones y figuras no resulte extensa.
	+ Las Figuras, Ecuaciones y Tablas deben ser enumeradas tanto en el cuerpo como en los anexos.

## Objetivos

### Objetivo General

Definir un estándar para los trabajos escritos de Memorias de Título generadas en el Laboratorio de Control Digital Aplicado.

### Objetivos Específicos

* Definir el uso de nomenclatura y abreviaciones.
* Definir el contenido de la introducción y de las conclusiones.
* Definir formatos para los márgenes, espaciamiento, títulos y sub-títulos, tablas, figuras y ecuaciones.
* Definir la forma de presentar la bibliografía y anexos.

## Alcances y Limitaciones

Aquí se indican claramente las limitaciones asumidas en el desarrollo de su trabajo. Por ejemplo, que usa solamente simulación o un set-up a escala para verificar su hipótesis y cumplir su objetivo. También podría indicar que su solución es sólo válida en Chile, etc.. Respecto de este documento, los alcances son: los detalles no cubiertos por esta guía quedan libres para ser definidos por los memoristas. Por otro lado, dado que hay varios procesadores de texto disponibles, este documento es solamente referencial para los formatos indicados; sin embargo, se debe considerar en forma rigurosa respecto de los contenidos.

## Temario y Metodología

Se hace una pequeña descripción del contenido de cada capítulo. Por ejemplo, los capítulos 2, 3, 4 y 5 cubren los formatos mediante descripción escrita y mediante ejemplos. De hecho, este documento sigue las instrucciones aquí indicadas.

# Uso de Nomenclatura y Abreviaciones

## Introducción

La nomenclatura y abreviaciones son estándar y se encuentran al principio de este documento. En la medida que no se encuentre la utilizada en el trabajo, se deberá agregar e informar para enriquecer los listados. En el caso de existir incompatibilidades, se espera que se corrijan.

## Nomenclatura

### Matrices

Por ejemplo, $A$ es la matriz de coeficientes de la representación en variables de estado de un sistema lineal. Nótese que se utiliza una fuente negrita y siempre mayúscula.

### Vectores

Por ejemplo, $x$ es el vector de estados de la representación en variables de estado de un sistema lineal. Nótese que son siempre vectores columnas y se utiliza una fuente negrita y siempre minúscula.

### Escalares

#### Escalares por Definición

Por ejemplo, $x\_{1}$ es la primera variable de estados del vector de estados $x$. Nótese que se utiliza una fuente itálica y siempre minúscula.

#### Escalares como resultado

También será escalar por ejemplo $d=det⁡\{A\}$.

## Abreviaciones

Las abreviaciones pueden ser mayúsculas o minúsculas. Si bien no hay un estándar, muchas de ellas se pueden derivar de la notación utilizada históricamente en Ingeniería Eléctrica. Un listado se encuentra al principio de este documento.

## Discusión y Conclusiones

Los documentos con una nomenclatura y abreviaciones uniformes lucen ordenados y de fácil seguimiento por parte del lector.

# Contenido de la Introducción y Conclusiones

## Introducción

Se espera que la introducción y conclusiones tengan divisiones como definidas a continuación. Éstas se basan en la experiencia y apuntan a una mejor comprensión por parte del lector.

## Contenidos

### De la Introducción

Se espera que se divida en: introducción general, trabajos previos, objetivos (general y específicos), alcances y limitaciones, y temario y metodología. La introducción de este documento es un ejemplo.

### De las Conclusiones

Se espera que se divida en: sumario, conclusiones y trabajo futuro. Las conclusiones de este documento son un ejemplo.

## Discusión y Conclusiones

Los ítems indicados debieran ayudar a la comprensión de lo expuesto.

# Formatos Específicos

## Introducción

Los diferentes ítems se muestran a continuación con ejemplos prácticos.

## Márgenes, Espaciamiento, Fuente y Numeración

Los márgenes están definidos por el Reglamento de Memoria de Título [2] y son: 2,5 cm arriba e izquierdo, y 2 cm abajo y derecho. El número de página va en la parte superior derecha. Nótese que se utiliza romano para la numeración de hojas hasta justo antes del Capítulo 1. El espaciamiento en el desarrollo del documento es 1,5 líneas, fuente Times New Roman y tamaño 12.

## Títulos y Sub-títulos

Los títulos son como los utilizados en este documento. El que define el capítulo es de fuente negrita, Arial y tamaño 18. El siguiente como el 4.1 es en negrita, Times New Roman y tamaño 16. El siguiente como 4.4.1 es negrita, Times New Roman y tamaño 14, él último a utilizar como A en el 2.2.3 es negrita, itálico, Times New Roman y 12. Nótese que todos están indentados a 1,25 cm. Un resumen se muestra en la Tabla 4.1.

## Tablas, Figuras y Ecuaciones

### Tablas

Las tablas tienen numeración propia y leyenda en la parte superior. Nótese que la leyenda tiene una fuente Times New Roman, tamaño 11 en negrita y la numeración conserva el número de capítulo. A continuación se muestran dos ejemplos. En particular, la Tabla 4.1 muestra una tabla general.

Tabla 4.1 Tipos de Formatos de Títulos

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo** | **Formato** |
| Título de capítulo (Capítulo 1) | Negrita, Arial y tamaño 18 |
| Título siguiente (4.1 Introdu…) | negrita, Times New Roman y tamaño 16 |
| Título siguiente (4.4.1 Tablas) | negrita, Times New Roman y tamaño 14 |
| Último título (A. Defi…) | negrita, itálico, Times New Roman y 12 |

La Tabla 4.2 es una lista de valores numéricos de un set-up utilizado en un experimento en laboratorio. Nótese el alineamiento de los valores y unidades de medida.

Tabla 4.2 Tabla con Valores Numéricos

|  |  |
| --- | --- |
| **Parámetro** | **Valor** |
| $r\_{L}$ (line resistance) | 0.5 | Ω |
| $L\_{L}$ (line inductance) | 0.5 | mH |
| $v\_{sa}$ (supply phase voltage RMS) | 220 | V |
| $f\_{s}$ (supply frequency) | 50 | Hz |
| $f\_{sw}$ (switching frecuency) | 1050 | Hz |
| $C\_{dc}$ (dc filter) | 1000 | μF |
| $R\_{dc}$ (load) | 49 | Ω |
| $V\_{dc}$ (nominal dc link voltage) | 700 | V |
| $L\_{ra}$ (nominal inductor ac filter) | 5 | mH |
| $L\_{rb}$ (nominal inductor ac filter) | 5 | mH |
| $L\_{rc}$ (nominal inductor ac filter) | 5 | mH |

### Figuras

Las figuras tienen numeración propia - que conserva el número de capítulo - y leyenda por debajo. Nótese que la leyenda tiene dos partes, el nombre que está en fuente Times New Roman, tamaño 11 en negrita y la descripción de cada sub-figura de la figura que está en fuente Times New Roman y tamaño 10. A continuación se muestran dos ejemplos. La Fig. 4.1 muestra una figura con leyenda simple.



Fig. 4.1 Rectificador Fuente de Voltaje

La Fig. 4.2 es una figura compuesta de partes (a) y (b). Nótese que la descripción de las partes (a) y (b) es de tamaño 10 y sin negrita y se ubica en la línea siguiente. La descripción incluye la nomenclatura utilizada de acuerdo a la figura en donde se muestra el circuito correspondiente, la Fig. 4.1 en este caso.



**(a)**



**(b)**

Fig. 4.2 Formas de Onda del Rectificador Fuente de Voltaje

**(a)** voltaje de fase, $v\_{sa}$, y corriente de línea, $i\_{sa}$;**(b)** voltaje de línea de entrada, $v\_{ab}$.

### Ecuaciones

Las ecuaciones tienen numeración propia y conservan el número de capítulo. El número se encuentra a la derecha y la ecuación a la izquierda; también se utiliza la ecuación centrada.

|  |  |
| --- | --- |
| $$-v\_{sb}+\left(L\_{rb}+L\_{L}\right)\frac{di\_{sb}}{dt}+v\_{rbc}-\left(L\_{rc}+L\_{L}\right)\frac{di\_{sc}}{dt}+v\_{sc}+r\_{L}i\_{sb}-r\_{L}i\_{sc}=0$$ | (4.1) |
| $$i\_{dc}-C\_{dc}\frac{dv\_{dc}}{dt}-\frac{v\_{dc}}{R\_{dc}}=0$$ | (4.2) |

Es importante recordar que la nomenclatura utilizada en las ecuaciones como en (4.1) sea consecuente con la utilizada en las tablas, figuras y notación restante. Al definir cantidades después de una ecuación se recomienda el siguiente formato,

|  |  |
| --- | --- |
| $$ki\_{dc}-G\_{dc}\frac{dv\_{dc}}{dt}=0$$ | (4.3) |

donde,

 $k$ : ganancia aparente,

 $G\_{dc}$ : ganancia dc del convertidor, y

 $λ$ : factor de olvido.

## Bibliografía

La bibliografía es un capítulo pero no tiene número. Ver la bibliografía de este artículo para familiarizarse con el formato. Los tipos distintos de bibliografía son: papers, libros, memorias y/o tesis y sitios web. En [3] Ud. puede encontrar información de cómo escribir las referencias.

## Anexos

Los anexos son capítulos que se numeran con letras A, B, … Ver los anexos de este artículo para familiarizarse con el formato.

## Discusión y Conclusiones

Con estas indicaciones la memoria lucirá “cool” definitivamente.

# Conclusiones

## Sumario

En el sumario se indica todo lo realizado sin incluir resultados. Se detalla también los métodos utilizados y lo cubierto por el trabajo. Es de especial importancia indicar las limitaciones de lo realizado.

## Conclusiones

Aquí se numeran las conclusiones más importantes de lo realizado. Recuerde que casi es ingeniero y su lenguaje natural son los números. Por ejemplo, indicar que se aumentó la eficiencia en un 2%, es una conclusión.

## Trabajo Futuro

Sin duda que lo realizado dará origen a otras hebras de investigación o desarrollo. Aquí se enuncian teniendo cuidado de no indicar lo que debió haber hecho de acuerdo a los objetivos iniciales.

**Nomenclatura**

**Matrices**

$A$ : matriz de parámetros de dimensión *n*·*n*.

$B$ : matriz de parámetros de dimensión *n*·*p*.

$C$ : matriz de parámetros de dimensión *q*·*n*.

$D$ : matriz de parámetros de dimensión *q*·*p*.

$E$ : matriz de parámetros de dimensión *n*·*m*.

$F$ : matriz de parámetros de dimensión *q*·*m*.

$T$ : matriz de transformación de dimensión de *n*·*n*.

$A\_{T}$ : matriz de parámetros transformada mediante $T$ de dimensión *n*·*n*. $A\_{T}=TAT^{-1}$

$B\_{T}$ : matriz de parámetros transformada mediante $T$ de dimensión *n*·*p*. **BT** = **TB**

$C\_{T}$ : matriz de parámetros transformada mediante $T$ de dimensión *q*·*n*. **CT** = **CT**-1

$D\_{T}$ : matriz de parámetros transformada mediante $T$ de dimensión *q*·*p*. **DT** = **D**

$E\_{T}$ : matriz de parámetros transformada mediante $T$ de dimensión *n*·*m*. **ET** = **TE**

$F\_{T}$ : matriz de parámetros transformada mediante **T** de dimensión *q*·*m*. **FT** = **F**

$T\_{abc-αβ0}$ : matriz de transformación de ejes *abc* a αβ0, dimensión 3·3.

$T\_{αβ0-abc}$ : matriz de transformación de ejes αβ0 a *abc*, dimensión 3·3.

$T\_{αβ0-dq0}$ : matriz de transformación de ejes αβ0 a *dq*0, dimensión 3·3.

$T\_{dq0-αβ0}$ : matriz de transformación de ejes *dq*0 a αβ0, dimensión 3·3.

$T\_{abc-dq0}$ : matriz de transformación de ejes *abc* a *dq*0, dimensión 3·3.

$T\_{dq0-abc}$ : matriz de transformación de ejes *dq*0 a *abc*, dimensión 3·3.

$H(s)$ : matriz de transferencia. $H\left(s\right)=C\left(sI-A\right)^{-1}B+D$.

$H^{†}(s)$ : matriz de transferencia pseudo inversa. $H^{†}\left(s\right)=H(s)^{-1}$ si $H(s)$ es cuadrada.

$H(s)^{H}$ : matriz conjugada transpuesta de $H\left(s\right)$. $H(s)^{H}=(H(s)^{\*})^{T}$.

$C$ : matriz de controlabilidad.

$O$ : matriz de observabilidad.

$L(s)$ : matriz de transferencia en L.D.

$Φ(t)$ : matriz de transición.

$Adj\{P\}$ : matriz adjunta de la matriz $P$.

$diag\{x\_{1},…\}$ : matriz diagonal compuesta por los valores $x\_{1}$, $x\_{2}$, ….

$Re\{X\}$ : matriz parte real de la matriz $X$.

$Im\{X\}$ : matriz parte imaginaria de la matriz $X$.

$\vec{X}$ : matriz compuesta por elementos $\vec{x}\_{ij}$ que son fasores.

**Vectores**

$x$ : vector de *n* variables de estados, $x=[x\_{1} x\_{2}… x\_{n}]^{T}$

$u$ : vector de *p* variables de entrada, $u=[u\_{1} u\_{2}… u\_{p}]^{T}$

$y$ : vector de *q* variables de salida, $y=[y\_{1} y\_{2}… y\_{q}]^{T}$**y** = [*y*1 *y*2 ··· *yq*]*T*

$p$ : vector de *m* perturbaciones, $p=[p\_{1} p\_{2}… p\_{m}]^{T}$

$\hat{x}$ : vector de *n* variables de estados, $\hat{x}=[\hat{x}\_{1} \hat{x}\_{2}… \hat{x}\_{n}]^{T}$ (estimación de $x$).

$\hat{y}$ : vector de *q* variables de estados, $\hat{y}=[\hat{y}\_{1} \hat{y}\_{2}… \hat{y}\_{q}]^{T}$ (estimación de $y$).

$\tilde{x}$ : vector de *n* variables de estados, $\tilde{x}=[\tilde{x}\_{1} \tilde{x}\_{2}… \tilde{x}\_{n}]^{T}$ (error $\tilde{x}=x-\hat{x}$).

$x^{abc}$ : vector de tres variables de estados, $x^{abc}=[x^{a} x^{b} x^{c}]^{T}$ (ejes estacionarios *abc*).

$x^{αβ0}$ : vector de tres variables de estados, $x^{αβ0}=[x^{α} x^{β} x^{0}]^{T}$ (ejes estacionarios αβ0).

$x^{dq0}$ : vector de tres variables de estados, $x^{dq0}=[x^{d} x^{q} x^{0}]^{T}$ (ejes rotatorios *dq*0).

$x\_{0}$ : condición inicial del vector de estados, $x\_{0}=[x\_{10} x\_{20}… x\_{n0}]^{T}$

$x\_{o}$ : condición inicial del vector de estados, $x\_{o}=[x\_{1o} x\_{2o}… x\_{no}]^{T}$

$u\_{o}$ : vector de entradas en el punto de operación, $u\_{o}=[u\_{o1} u\_{o2}… u\_{op}]^{T}$

$y\_{o}$ : vector de salidas en el punto de operación, $y\_{o}=[y\_{o1} y\_{o2}… y\_{oq}]^{T}$

$y\_{d}$ : vector deseado (referencia) de *q* variables de salida, $y\_{d}=[y\_{d1} y\_{d2}… y\_{dq}]^{T}$

$p\_{o}$ : vector de perturbaciones en el punto de operación, $p\_{o}=[p\_{o1} p\_{o2}… p\_{oq}]^{T}$

$Δx$ : variación del vector de estados$x$ en torno a $x\_{o}$, $Δx=[Δx\_{1} Δx\_{2}… Δx\_{n}]^{T}$

$Δu$ : variación del vector de entradas $u$ en torno a $u\_{o}$, $Δu=[Δu\_{1} Δu\_{2}… Δu\_{p}]^{T}$

$Δy$ : variación del vector de salidas $y$ en torno a $y\_{o}$, $Δy=[Δy\_{1} Δy\_{2}… Δy\_{q}]^{T}$

$Δp$ : variación del vector de perturbaciones $p$ en torno a $p\_{o}$, $Δp=[Δp\_{1} Δp\_{2}… Δp\_{m}]^{T}$

$x(s)$ : Laplace de $x$, $x\left(s\right)=\left[x\_{1}\left(s\right) x\_{2}\left(s\right)… x\_{n}(s)\right]^{T}$

$u(s)$ : Laplace de $u$, $u\left(s\right)=\left[u\_{1}\left(s\right) u\_{2}\left(s\right)… u\_{p}(s)\right]^{T}$

$y(s)$ : Laplace de $y$, $y\left(s\right)=\left[y\_{1}\left(s\right) y\_{2}\left(s\right)… y\_{q}(s)\right]^{T}$

$p(s)$ : Laplace de $p$, $p\left(s\right)=\left[p\_{1}\left(s\right) p\_{2}\left(s\right)… p\_{m}(s)\right]^{T}$

$v\_{k}$ : *k*-ésimo vector propio de $A$.

$w\_{k}$ : *k*-ésimo vector propio de $A^{T}$.

$v\_{k}^{\*}$ : conjugado del *k*-ésimo vector propio de $A$.

$x\_{ec}$ : vector de estados para entrada cero.

$x\_{ci}$ : vector de estados para c.i. nulas.

$y\_{ec}$ : vector de salidas para entrada cero.

$y\_{ci}$ : vector de salidas para c.i. nulas.

$c\_{k}$ : *k*-ésima fila de la matriz $C$.

$b\_{k}$ : *k*-ésima columna de la matriz $B$.

$∇V(x)$ : gradiente de la función$V(x)$. $∇V\left(x\right)=∂V(x)/∂x$.

$\vec{x}$ : vector de fasores,$\vec{x}=[\vec{x}\_{1} \vec{x}\_{2}… \vec{x}\_{n}]^{T}$.

**Escalares**

$x\_{k}$ : *k*-ésima variable de estado.

$dx\_{k}/dt=\dot{x}\_{k}$ : derivada de la *k*-ésima variable de estado.

$a\_{k}$ : *k*-ésimo coeficiente del polinomio característico de $A$.

$λ\_{k}$ : *k*-ésimo valor propio de $A$.

$λ\_{k}^{\*}$ : conjugado del *k*-ésimo valor propio de $A$.

$λ\_{ij}$ : ganancia relativa entre la entrada *i*-ésima y la salida *j*-ésima.

$l(s)$ : función de transferencia en L.D.

$d\_{ij}$ : elemento *ij* de la matriz $D$.

$h\_{ij}(s)$ : elemento *ij* de la matriz $H(s)$.

$h\_{ij}^{†}(s)$ : elemento *ij* de la matriz pseudo inversa $H^{†}\left(s\right)=H(s)^{-1}$ si $H(s)$ es cuadrada.

$rango\{P\left(s\right)\}$ : rango de la matriz $P\left(s\right)$.

$det\{P\left(s\right)\}$ : determinante de la matriz $P\left(s\right)$.

$arg\{\vec{x}\}$ : ángulo del número complejo $\vec{x}$.

$tr\{P\left(s\right)\}$ : traza de la matriz $P\left(s\right)$.

$max\_{ij}\{w\_{ij}\}$ : máximo elemento de la matriz $W$.

$max\{\}$ : máximo valor.

$min\{\}$ : mínimo valor.

$log\{\}$ : logaritmo en base 10.

$u(t)$ : entrada escalón.

$r(t)$ : entrada rampa.

$\left‖e\right‖$ : norma del elemento $e$.

$σ\_{l}(A)$ : *l*-ésimo valor singular de $A$.

$\overbar{σ}(A)$ : máximo valor singular de $A$.

$\overline{σ}(A)$ : mínimo valor singular de $A$.

$ρ(A)$ : radio espectral de $A$.

$γ(A)$ : número de condición de $A$.

$V(x)$ : función de Lyapunov.

$Ω$ : vecindad en el espacio de estados de $x$.

$G$ : conjunto invariante.

$R$ : conjunto invariante subconjunto de $G$.

$e\_{ss}$ : vector de error en estado estacionario.

$δ$ : banda de asentamiento.

$t\_{s}$ : tiempo de asentamiento.

$V$ : valor medio (RMS) de la señal continua (alterna) $v(t)$.

$f(t)$ : función en el tiempo continuo.

$f(k)$ : función en el tiempo discreto (también escrita $f(kT)$, con $T$ el tiempo de muestreo).

$f(s)$ : función en el plano de Laplace.

$f(ω)$ : función en frecuencia continua de tiempo continuo.

$f(Ω)$ : función en frecuencia continua de tiempo discreta.

$f(n)$ : función en frecuencia discreta de tiempo continuo.

$f(m)$ : función en frecuencia discreta de tiempo discreta.

$\vec{x}$ : fasor.

**Abreviaciones**

**Mayúsculas**

L.A. : lazo abierto.

L.C. : lazo cerrado.

L.D. : lazo directo.

L.I.T. : lineal invariante en el tiempo.

S.P.I. : semi-plano izquierdo.

S.P.D. : semi-plano derecho.

F. de T. : función de transferencia.

F.D. : función descriptora.

M. de T. : matriz de transferencia.

B.W. : ancho de banda.

E.S. : entrada/salida.

S.S. : estado estacionario.

SISO : sistema de una entrada y una salida (single input single output).

MIMO : sistema de varias entradas y varias salidas (multiple inputs multiple outputs).

L.G.R. : lugar geométrico de las raíces.

P.I.D. : controlador proporcional integral derivativo.

*S.P.* : sobrepaso.

*M.G.* : margen de ganancia.

*M.F.* : margen de fase.

FCD : forma canónica diagonal.

FCC : forma canónica controlable.

FCO : forma canónica observable.

FCJ : forma canónica de Jordan.

T.L. : Transformada de Laplace.

T.F. : Transformada de Fourier.

T.F.F.D. : Transformada de Fourier de Frecuencia Discreta.

T.Z. : Transformada Z.

T.F.T.D. : Transformada de Fourier de Tiempo Discreta.

T.F.D. : Transformada de Fourier Discreta.

D. de B. : Diagrama de Bode

**Minúsculas**

c.i. : condiciones iniciales.

l.i. : linealmente independiente.

l.d. : linealmente dependiente.

c.c. : corriente continua (en Inglés es d.c.).

c.a. : corriente alterna (en Inglés es a.c.).

a.c.a. : abscisa de convergencia absoluta.

**Referencias**

1. Javier E. Espinoza, “*Desarrollo de Estrategias de Control No Lineal y Modelación Tiempo Discreto para Convertidores Estáticos Conectados Directamente a la Red*”, Memoria de Título, Ingeniero Civil Electrónico, Diciembre 2002, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.
2. Reglamento de Memoria de Título, 1995, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.
3. M. Medina. (2020). Cómo escribir una bibliografía usando el formato IEEE, dirección [https://www.academia.edu/41805047/Cómo\_escribir\_una\_bibliografía\_usando\_el\_formato\_IEEE\_v2\_0](https://www.academia.edu/41805047/C%C3%B3mo_escribir_una_bibliograf%C3%ADa_usando_el_formato_IEEE_v2_0).
4. David J. Atkinson, Paul P. Acarnley and John W. Finch. “Observers for Induction Motor State and Parameter Estimation,” in *IEEE Transactions on Industry Applications*. vol. 27, no. 6, Nov./Dec. 1991.
5. *“Numerical Methods for Engineers”* Steven C. Chapra and Raymond P. Canale. McGraw-Hill, 1999.
6. Página personal del Prof. José R. Espinoza C., <http://www2.udec.cl/jose.espinoza/>
7. C. Baier, M. Pérez, J. Espinoza, and J. Rodríguez “Analysis of a Multi-Cell Topology implemented with Single-Phase Non-Regenerative Cells Under an Unbalanced AC Mains,” in *Conf. Rec. IECON’05*, Raleigh, NC, USA, Nov. 6 – 10, 2005.

# Leyes Importantes

## Ley de Ohm

La ley de Ohm es la ley fundamental de la ingeniería eléctrica y electrónica. Recordarla es requisito mínimo. La ley es,

|  |  |
| --- | --- |
| $$v=Ri,$$ | (A.1) |

donde la resistencia $R$ es un elemento ideal en (A.1).

## Leyes de Murphy

“Todo lleva más tiempo del que usted piensa”

“Siempre es más fácil hacerlo de la forma más difícil”

“El artículo fundamental para terminar su trabajo será el único que no esté en disponible”

“La solución de un problema consiste en encontrar a alguien que lo resuelva por usted”

# Otros Tips

## Capacitor

En un capacitor se cumple,

|  |  |
| --- | --- |
| $$i=C\frac{dv}{dt},$$ | (B.1) |

donde $i$ es la corriente, $v$ es el voltaje y $C$ es la capacitancia en (B.1).

## Inductores

En un inductor se cumple,

|  |  |
| --- | --- |
| $$v=L\frac{di}{dt},$$ | (B.2) |

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA**

**RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO**

**Departamento :** Departamento de Ingeniería Eléctrica

**Carrera** : Ingeniería Civil Electrónica

**Nombre del memorista** : Nombre completo según registro de UDARAE

**Título de la memoria** :Título de la memoria

**Fecha de la presentación oral** : Día/mes/año

**Profesor(es) guía** : Nombres

**Profesor(es) revisor(es)** : Nombres

**Concepto** :Aprobado/Bueno/Muy bueno/Sobresaliente

**Calificación** :Nota

|  |
| --- |
| **Resumen (máximo 200 palabras)** |
|  |