



DEPARTAMENTO DE
**INGENIERÍA
ELÉCTRICA**
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Ingeniería Civil en Electricidad
Mención Sistemas de Energía

Proyecto I

Curso Dinámica de Máquinas Eléctricas

Prof. Matías Díaz
Ingeniero Civil Electricista, M.Sc & Ph.D
Profesor de Cátedra

Prof. Victor Arredondo
Ingeniero Civil Electrónico, M.Sc
Profesor de Laboratorio

Considere un convertidor de 2 niveles operando como rectificador controlado. Como se muestra en la Figura 1. La red de corriente alterna (CA) tiene una tensión de 220 V (fase neutro) y frecuencia de 50 Hz. Por otro lado, los filtros del lado CA y lado de corriente continua (CC), y también la carga CC, se especifican en la Tabla 1.

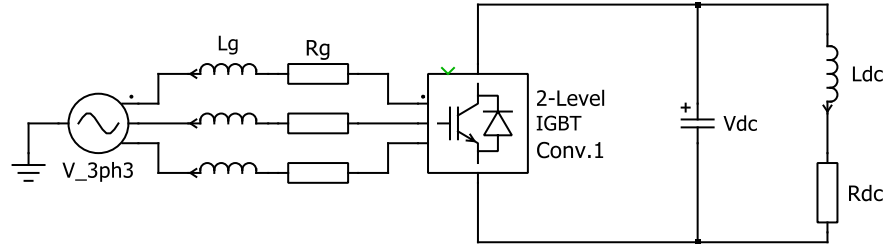


Figura 1: Rectificador controlado a implementar.

Tabla 1: Parámetros del sistema

Nombre	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Unidad
R_g	0.50	0.40	0.35	0.45	0.30	0.6	0.55	0.37	0.65	Ω
L_g	2.4	2	1.89	3	2.2	1	0.95	1.5	2	mH
C	2930	3850	2100	2800	3750	4700	2200	3300	4400	μF
L_{dc}	60	80	15	25	33	20	45	35	22	mH
R_{dc}	33	22	15	24	25	20	30	22	25	Ω

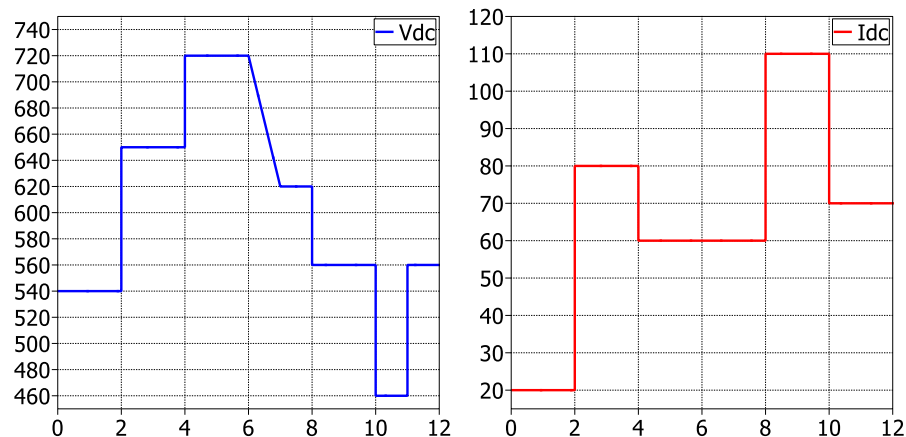
PRIMERA PARTE: OPERACIÓN COMO RECTIFICADOR

1. Represente la dinámica del circuito en coordenadas dq y proponga un sistema de control anidado.
2. Establezca los límites operacionales de su control, y en caso de ser necesario, explique las limitaciones que se puedan presentar.
3. Dibuje el esquema del control propuesto en puntos anteriores. Asuma que los sensores tienen ganancia unitaria. Identifique señales de referencia, retroalimentadas, controladores, actuadores y plantas.
4. Diseñe controladores de corriente con las siguientes características:

Tabla 2: Parámetros de diseño controladores.

Nombre	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
ω_n	100Hz	80Hz	85Hz	200Hz	100Hz	95	110	120	125
ξ	0.7	0.65	0.85	0.75	0.68	0.58	0.77	0.7	0.61
F_s	5 kHz	7.5 kHz	2.5 kHz	15 kHz	10 kHz	8 kHz	12 kHz	6 kHz	4 kHz

- Importante:** Todos los lazos deben considerar los limitadores que sean necesarios y Antiwinding-up en todos los controladores.
- El lazo externo debe tener un 1/15 de la velocidad del lazo de corriente y un coeficiente de amortiguamiento de 0.6. Reporte el proceso de diseño en no más de 1 página.
 - Realice un perfil de variación en V_{dc} , en base a perfil de la Fig. 2(a). Grafique V_{dc} , corrientes AC en coordenadas dq. En los gráficos incluya señal de referencia y señal medida. En caso de que existan dificultades, coméntelas y fundamente técnicamente.
 - El sistema opera regulando 650 V en el lazo CC cuando se conecta una resistencia de 5Ω en paralelo a V_{dc} . Grafique las corrientes y potencias en los lados CA-CC.
 - Proponga una metodología para considerar compensación feed-forward y repita la prueba anterior.
 - Operando V_{dc} a 540 V, modifique la carga para tener el perfil de corriente DC de la Fig, 2(b). Mida y/o calcule THD, Potencia Activa, Potencia Reactiva y Corriente AC para cada nivel de corriente CC.
 - Reemplace el rectificador controlado por un rectificador semicontrolado (tiristores) y repita el punto anterior.
 - Genere tablas comparativas para analizar los resultados de los puntos 9 y 10. Además, revise la normativa IEEE 519 y elabore alguna propuesta/sugerencia de medición de distorsión en función del nivel de carga.



Fig, 2: (a) Perfil tensión DC de referencia. (b) Perfil corriente dc de referencia.

SEGUNDA PARTE: OPERACIÓN COMO INVERSOR

Considere un convertidor de 2 niveles operando como inversor controlado en el circuito que se muestra en la Figura 3. El sistema tiene una potencia nominal de 10 kVA. La red CA V_{3ph4} , tiene una tensión de 180 V (fase neutro) y frecuencia de 50 Hz, mientras que la red

CA V_3ph3 mantiene los parámetros del caso anterior. Además, se sabe que los filtros de ambos lados CA son iguales.

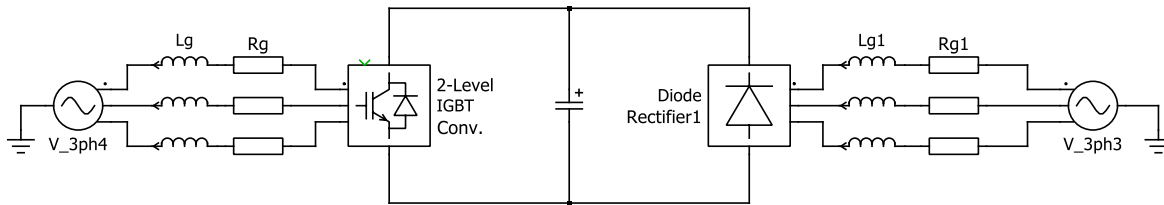


Figura 3: Inversor controlado a implementar.

12. Implemente un sistema de control dq para controlar potencia activa y reactiva desacopladamente en la que la estimación del ángulo se realiza a través de un Phase Locked Loop (PLL).

Importante: Todos los lazos deben considerar los limitadores que sean necesarios y Antiwinding-up en todos los controladores.

13. Proponga un algoritmo que asegure la sincronización del inversor con la red V_3ph4 que considere: correcta estimación de frecuencia, verificaciones de secuencia, magnitud, frecuencia y fase. Cuando estas condiciones se cumplan, debe regular 0 corriente durante 2 segundos y luego debe pasar a trabajar con 50% de la potencia nominal y factor de potencia unitario.

14. Realice pruebas tipo escalón, con cambios de referencia cada 2 segundos, en las que simultáneamente las potencias tengan las siguientes referencias:

- $P=5 \text{ kW}$, $Q=0 \text{ kVA}$
- $P=0 \text{ kW}$, $Q=2.5 \text{ kVA}$
- $P=5 \text{ kW}$, $Q=8 \text{ kVA}$
- $P=5 \text{ kW}$, $Q=-8 \text{ kVA}$
- $P=10 \text{ kW}$, $Q=0 \text{ kVA}$
- $P=7 \text{ kW}$, $Q=-70 \text{ kVA}$

15. El inversor se encuentra operando en estado estacionario y con factor de potencia unitario, inyectando 5 kW, cuando la resistencia de la red V_3ph4 aumenta a 15 veces. Grafique las variables de interés y explique qué le sucede al rectificador.

16. Comente si el resultado obtenido es real o si se requiere de algún ajuste en la simulación.

17. Con el sistema operando en estado estacionario y con factor de potencia unitario, inyectando 10 kW, analice el comportamiento del sistema si el PLL se desorienta en 20° . Grafique las variables de interés y elabore una respuesta técnica que justifique los resultados obtenidos.

18. Con el sistema operando en estado estacionario, analice el desempeño del sistema de control cuando la tensión AC aumenta de 200 a 300V. Grafique las variables de interés y elabore una respuesta técnica que justifique los resultados obtenidos.

INFORME

- Se debe elaborar un informe detallando todos los puntos solicitados en este documento, para esto, se pueden formar grupos de 3 estudiantes (máximo).
- El informe debe considerar Tabla de Contenidos, Índice de Tablas e Índice de Figuras, Introducción, Conclusiones y Referencias. El nombre de las otras secciones es libre.
- No exceder las 30 páginas.
- Los informes deben ser elaborados de acuerdo al formato de establecido para las tesis de pregrado del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Santiago. Este documento está disponible en:

<https://pefft.usach.cl/templates-course-material>

CALIFICACIÓN

- La nota de este informe se considerará como un 17.5% de su nota de cátedra final.