

PROPUESTA PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN PARQUES EOLICOS

Maffrand, C.; Zárate, D.; Fernández, A.; Cejas A.; Aguirre, J.; Dixon, J.[*]; García, G.
Grupo de Electrónica Aplicada (GEA) - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta 36 - Km 601 (5800) Río Cuarto - Cba. Tel.: +54-58-676255 Fax. : +54-58-676246
E - Mail: cmaffrand@ing.unrc.edu.ar
[*] Pontificia Universidad Católica de Chile – Vicuña Mackenna 4860 Santiago Chile

RESUMEN

En el presente trabajo, se propone un sistema para la corrección dinámica del factor de potencia de parques eólicos. El concepto propuesto consiste en la utilización de un capacitor variable por pasos binarios, el cual es conmutado sobre la red a través de llaves semiconductoras. Las llaves son controladas para conectar y desconectar las diferentes ramas del banco de capacitores sobre la red, en el momento del cruce por cero de la tensión en los bornes de la llave. El sistema propuesto tiene aplicaciones, tanto en sistemas con variaciones suaves de demanda de potencia reactiva, como tensión en casos de variaciones bruscas de la potencia reactiva debido a conexión y desconexión de los generadores eólicos integrantes de un parque.

INTRODUCCION

La conexión de sistemas eólicos a la red de distribución fue, en un principio, vista con poco entusiasmo por parte de los proveedores de energía, a partir de consideraciones de seguridad y calidad de servicio. Esta realidad ha cambiado a tal punto que, actualmente se han acumulado más de 8.000 millones de horas de operación de generadores eólicos aportando energía a los sistemas de distribución. Esto representa la generación de más de 15 GW/h sin provocar inconvenientes en el servicio (Gipe, 1993). A pesar de esto, aun subsisten algunas cuestiones a ser estudiadas y mejoradas, tales como: confiabilidad, robustez, existencia de "flicker", introducción de armónicos en el sistema, bajo *Factor de Potencia (FP)* en caso de utilizarse generadores de inducción, etc.

Por otro lado, es conocido que cuando se alcanzan los límites térmicos en un sistema eléctrico, es decir, se alcanza la máxima capacidad de corriente en cables, líneas y equipamientos en general, se hace imprescindible tomar acciones correctivas; estas pueden ser:

- Reemplazar los conductores y transformadores, por otros de mayor capacidad.
- Instalar nuevos circuitos y redes.
- Optimizar el factor de potencia.

De estas tres soluciones, mejorar el factor de potencia a través de capacitores es usualmente la más económica, y además aporta otras mejoras en el sistema, descriptas, sucintamente a continuación.

Disminución en la corriente: Esto permite que cargas adicionales puedan ser alimentadas. El tamaño de los capacitores a ser insertados en la línea debe ser cuidadosamente seleccionado, ya que, una corrección excesiva sería contraproducente.

Reducción de las pérdidas: Las pérdidas en un sistema usualmente varían entre un 3% a un 8% de la carga en kw/h, por ejemplo, una reducción del 50% en las pérdidas, generará una reducción del 1% al 4% en los kw/h facturados. Lo cual en grandes sistemas, significa un gran ahorro.

Reducción en la caída de tensión: Como ya fue citado, la instalación de capacitores para corregir el FP, hace que se reduzca la corriente total manejada por la instalación. Esto hace que la tensión en el sistema aumente.

Reducción de la demanda de energía reactiva: El mejoramiento del factor de potencia permite disminuir la demanda de energía reactiva, evitando que esta sea suministrada por la empresa generadora.

En el presente trabajo, se presenta una nueva propuesta de sistema para corrección de FP en sistemas eólicos. Las ventajas de esta propuesta radican en:

- la buena respuesta dinámica en la corrección del FP (se estima un retardo máximo de un ciclo),
- la operación sin generación de perturbaciones (transitorios y armónicos) durante la conexión y desconexión del banco de capacitores.
- la posibilidad de extender este método para corrección de deslabores de cargas.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: se explican los fundamentos de la presente propuesta, su principio de funcionamiento y descripción, incluyéndose resultados preliminares correspondientes a una simulación del sistema propuesto.

Nota Técnica

PROPUESTA PARA LA CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA

El método propuesto en este trabajo para corregir el FP en sistemas eólicos, consiste en la utilización de un banco de capacitores, variable por pasos binarios, el cual es conectado sobre la red en el cruce por cero de la tensión en los bornes de la llave y cruce por cero de la corriente en la red. Esto requiere un sistema de medición y control (precarga) para garantizar la tensión nula sobre la llave de conmutación.

El algoritmo que permite determinar el valor de la capacidad requerida debe ser ejecutado cada medio ciclo, de forma tal que se disponga de otro medio ciclo para que la corrección tenga efecto. Esta es la causa del retardo máximo para efectuar la corrección, mencionado anteriormente.

La estrategia descrita es adecuada, dada su velocidad de respuesta, no solo en los casos de sistemas donde la variación de la demanda instantánea de potencia reactiva varía suavemente, sino también en los casos de fluctuaciones de potencia reactiva aplicadas en forma de grandes escalones (conexión y desconexión de generadores integrantes del parque eólico).

DESCRIPCION

A fin de poder describir el sistema propuesto, dividiremos al mismo en dos partes: el *Interruptor Electrónico de Potencia* indicado como Compensador de Energía Reactiva en la Figura 1 y la *Topología de Control*, indicada en el bloque "Controlador" de la misma figura.

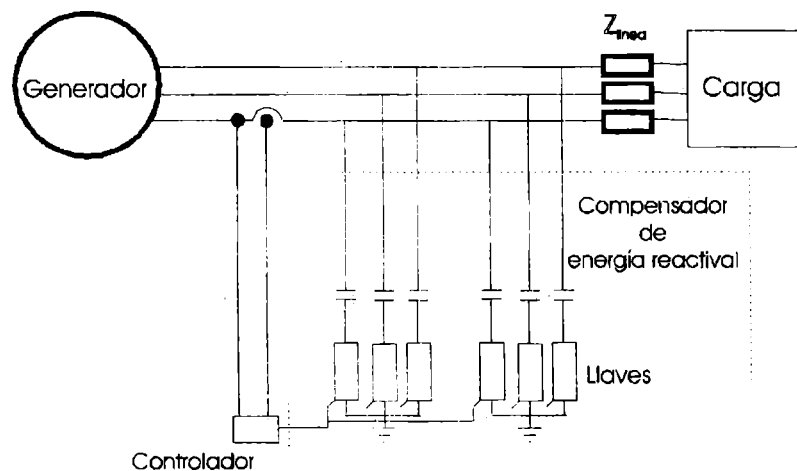


Figura 1: Esquema general del sistema propuesto

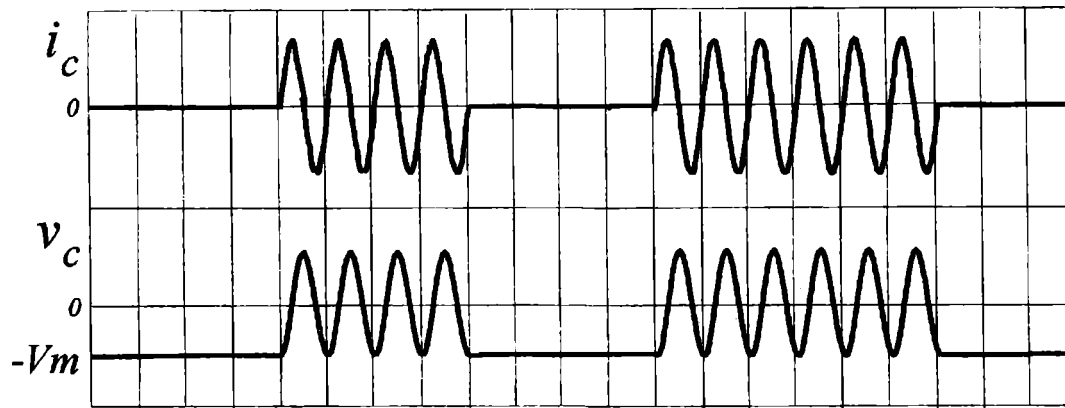
Interruptor electrónico de potencia

Tal como puede verse en la Figura 1, el banco de capacitores se implementa a partir de n conjuntos trifásicos *capacitor - llave*, los cuales son conmutados sobre la línea de acuerdo a lo determinado por el controlador.

Para la conmutación de los capacitores del banco, se propone el diseño de un conjunto de llaves electrónicas, adecuadamente controladas, lo que permite efectuar la conexión en el cruce por cero de la diferencia de tensión entre la línea y cada capacitor.

Dado que este dispositivo debe dispararse en el cruce por cero, el controlador debe ser capaz de medir la tensión real instantánea sobre el capacitor, compararla con la tensión entre fases y, cuando se detecte un cambio de signo en la salida del elemento de comparación de estas dos tensiones, emitir la señal de comando para la conexión.

En el esquema de la Figura 2 se muestran formas de onda de corriente y tensión en una rama del circuito de la Figura 1, obtenida a través de simulación.



.Figura 2: Formas de onda de corriente y tensión en conmutación de una rama del dispositivo

Topología de control

El algoritmo de control debe trabajar en “tiempo real”, esto significa que el algoritmo de control corrige el FP en un tiempo menor al de muestreo del sistema (en este caso es de medio ciclo). En cada una de los instantes de muestreo del controlador tiene lugar la adquisición, a partir de la cual se calcula la potencia real como el promedio del producto de la tensión instantánea por la corriente instantánea.

Así, tal lo ya dicho, el tiempo de actuación para efectuar la corrección, se estima en medio ciclo para la medición y cálculo, y medio ciclo para llevar a cabo la corrección.

Para la selección de los capacitores, y a fin de lograr una adecuada progresión del valor total a insertar, se optó por una distribución de la potencia reactiva en peso binario con lo que se obtiene un error de corrección de $1/(2n)$, donde n es el número de conjuntos capacitor - llave por fase, por ej. en un controlador con 8 bits de salida, nos daría un error del 0,4% de la potencia total de corrección requerida.

Con relación al software de control, se propone una estrategia de tipo adaptivo, donde se realimenta la señal de corriente de salida hacia la carga, para poder calcular en tiempo real y en forma efectiva la potencia reactiva capacitiva que se inserta en cada paso de corrección. La medición de corriente se realiza sincronizando en el cruce por cero de la misma y calculando el valor eficaz a partir del muestreo que se realiza del ciclo.

El ángulo se mide contando el tiempo que transcurre a partir del cruce por cero de la tensión respecto al cruce por cero de la corriente en la fase homónima.

CONCLUSIONES

En este trabajo ha sido presentada una nueva topología para la corrección del factor de potencia, usando llaves electrónicas unidireccionales.

Este sistema trabaja con pesos binarios a través de la conmutación de capacitores, sin distorsión ni transitorios de corriente durante la conexión.

Las principales características de esta propuesta son:

- No genera armónicos.
- Presenta una topología simple en comparación con otros compensadores estáticos
- Puede compensar PF ciclo a ciclo.
- No requiere llaves con conmutación forzada.
- Permite evitar problemas de resonancia, evitando los valores de capacidad peligrosos.

La simulación muestra que las características enumeradas anteriormente hace posible la implementación de dicho compensador

Los cuidados a tener en cuenta para una correcta operación son:

- Realizar una correcta precarga del capacitor.
- Escoger correctamente el instante de conexión de las llaves.

Nota Técnica

BIBLIOGRAFIA

- Best, R. A. & Zelaya - De La Parra, H. (1996) Transient Response of a Static VAR shunt Compensator. *IEEE Transactions on Power Electronics* Vol. II, N° 3.
- Bowyer, J. M. (1995) Three-Part Harmony: system interactions leading to a divergent...IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 31, N° 6.
- Evan J. Currence et al. (1995) Harmonic resonance at a medium-sized industrial plant. *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 31, N° 4.
- Gipe, P. (1993) *Wind Power for Home & Bussines: renewable energy for the 1990s and beyond*. Chelsea Green Publishing Co.
- Mohan, N; Undeland, T. & Robbins, W. (1989) *Power Electronics: converters, applications and design*. John Wiley & sons
- Motorola Inc (1993) *Power applications manual DL410/D*.
- Motorola Inc (1991) *Motorola thyristor device data DL137*.
- Naik, R. & Mohan, N. (1995) A Novel Grid Interface for Photovoltaic, wind-electric and fuel-cell systems with a controllable power factor of operation. *Proceedings APEC '95*, Vol. 2, pp. 995-998.
- Nicholas Abi-Samra (1996) *Benefits of Power Factor Correction Capacitor*. Web de Westinghouse Electric Corporation
- Nicholas Abi-Samra (1996) *Concerns of Power Factor Capacitor Applications*. Web de Westinghouse Electric Corporation
- Rashid, M. H. (1995) *Electrónica de Potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones*. - 2° Edición. Prentice Hall Hispanoamericana.
- Rashid, M. H. (1990) *SPICE for circuits and electronics using Pspice*. Prentice Hall.
- Smith, L. M. (1995) A practical approach in substation capacitor ...IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 31, N° 4.