

Convertidores Multinivel para Redes de Media Tensión

Andrés Argudo, *UPS Student*, Geovanny Carpio, *UPS Student*, Daniel Molina, *UPS Student*,
and Juan Samaniego, *UPS Student*

Abstract—Nowadays the multilevel converters are gaining strength, this is determined by the variation of quality factors and the precarious circumstances of distribution networks may have; all of this caused by inductive circuits connected to it. These situations make the network of medium and low voltage to possess high level of harmonics, the subsidence can be in minor cases only result in damage to equipment or in the worst cases cause deaths massive if people close to the network do not possess the necessary protections, this occurs mostly in the industrial field. Then knowing this it can be concluded that that control of harmonics and the quality factor of the network can be enhanced through the application of multilevel converters in their various topologies since these can create waveforms, sinusoidal in different levels of stress. To increase the number of voltage levels, total harmonic distortion (THD) of the output voltage decreases, but in order to get said result converter must have an infinite number of levels, which more complex control makes it a circuit including several adaptations to the base of a converter circuit. This document seeks to analyze converters multilevel, from its performance advantages and disadvantages of these, as well as some adaptations to the circuit converter basic in order to improve the model, as well as some applications that are being made at this time. In order to promote a greater and more detailed research of these circuits, which are distortions in the network solution; also decreases spending on maintenance of coupling of stages in the network; currently the mesh of nets of low and medium voltage is performed them with transformers of coupling involving a machine that could induce noise and being its only operating the couple stresses.

Index Terms—Convertidores, multinivel, sistemas, media tensión

I. INTRODUCCIÓN

A través del paso de los años, en el ámbito de potencia los convertidores multinivel, esto se debe a que en la actualidad, la gran parte de dispositivos y maquinas que necesitan una tensión considerablemente grandes están sujetos a enfrentar alteraciones en sus líneas de alimentación, como lo es; la contaminación de armónicos, las variaciones del factor de potencia por los elementos inductivos y capacitivos que posean; los mismos que pueden desembocan en el decrecimiento de la eficiencia de la maquina su tiempo de vida, entre otros aspectos; es decir ante tantos factores que perjudican el correcto funcionamiento de la industria se necesita una solución, la cual esta dada por los convertidores multinivel.

Los convertidores de nivel es un circuito el cual incluye semiconductores de potencia y capacitores que funcionan como fuentes de tensión, el voltaje generado a la salida de este circuito posee una forma escalonada, de ahí su nombre, cada escalón representa un nivel; dependiendo del número de interruptores de potencia los voltajes en la salida crecen

sumando los voltajes de los capacitores, mientras que los interruptores de potencia soportan voltajes reducidos. Una de las formas más simples de explicar el funcionamiento de los convertidores multinivel es considerarlo como un partidor de tensión. La tensión alterna de salida, de valor elevado, se obtiene a partir de diferentes niveles de tensión continua de entrada, de valor más pequeño accionando adecuadamente los interruptores del convertidor.

Existen diferentes topologías de los convertidores multinivel cada una con sus ventajas y desventajas con respecto a la otra; entre ellas tenemos:

- El convertidor anclado con diodos
- El convertidor con capacitores flotantes
- Convertidor con conexión en cascada de puentes monofásicos

Siendo los anteriores nombrados los más importantes, sin embargo existe una gran cantidad de convertidores de diferente configuración, dependiendo de las características de cada uno

II. ANÁLISIS DE CONVERTIDORES MULTINIVEL

A lo largo del tiempo la búsqueda de obtener sistemas lineales, con pérdidas mínimas y que permitan mantener una red limpia de armónicos, ha desembocado en el diseño de nuevos sistemas en base de los convertidores multinivel por la cual se describe a continuación el aporte de algunos de ellos

A. Modulación por ancho de pulso para la reducción de frecuencia para un Convertidor Multinivel Modular

Un MMC se compone de un número de celdas conectadas en serie como se observa en la Fig. 1. Cada celdas consta de una condensador y dos conmutadores complementarios especificada en la Fig. 2.

Cuando S1 está encendido, el condensador se omite y la tensión de salida de la celda es cero. Cuando S2 está encendido, se obtiene la tensión del condensador a la salida. Cuando muchos números de celdas se conectan en serie, se obtiene una forma de onda de tensión multinivel en la de salida mediante la inserción o evitando algunas de las celdas

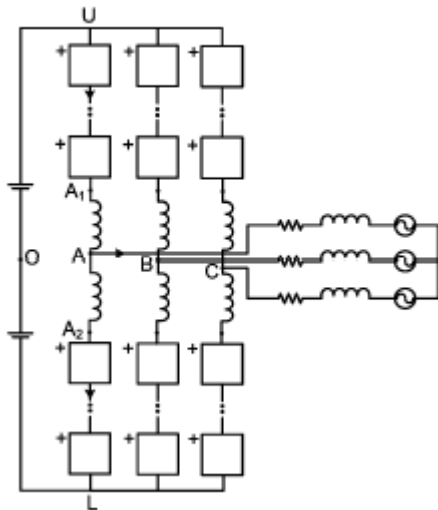


Fig. 1. Convertidor Multinivel Modula [1]

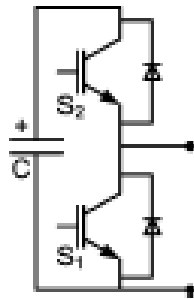


Fig. 2. Sistema dentro de una celda [1]

B. Sistemas multinivel en cascada basados en Filtros activos en Sistemas de Distribución de 4 líneas

Los grandes retos de los sistemas de potencia se basada en la obtención de un factor de potencia cercano a la unidad y obtener una forma de onda sinusoidal para la señal que nos representa la corriente. Los inversores PWM de niveles múltiples brindan una posibilidad de alcanzar estos objetivos además de evitar el uso de transformadores de acoplamiento lo que representa menos gasto en la transmisión de energía, dado que la tensión se acoplaría perfectamente, haciendo que las pérdidas sean mucho menores, como se sabe los transformadores al ser circuitos inductivos poseen la desventaja que desestabilizan la red induciendo pérdidas por calor, histéresis, entre otras.

Los sistemas que utilizan semiconductores de alto voltaje causan altas pérdidas por la conmutación además se debe incluir entre sus problemas las sobre-tensiones que generan por lo cual se utiliza un sistema de filtrado activo de potencia (SPAF). La configuración requerida se representa en el siguiente diagrama de bloques, donde vemos ubicado al SPAF en al red de distribución [2]

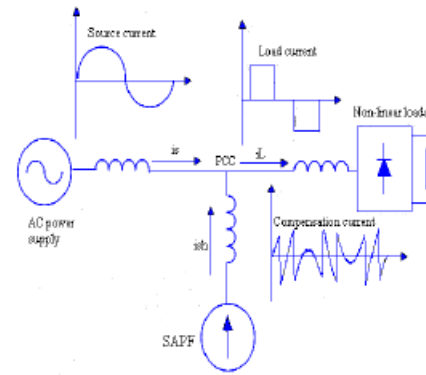


Fig. 3. SPAF implementado en la red de distribución [2]

El filtrado del SPAF es efectivo gracias a la aplicación de un métodos de control llamado PS-SPW de 5 niveles en cascada para minimizar el THD de la corriente de la fuente y el neutro en un red de 4 hilos, sin embargo el diseño está solo califica para ser utilizado en baja tensión, sabiendo que unos de los principales problemas es el desequilibrio en alta tensión para lo cual se debe considerar los armónicos que ocurren en red de mayor potencia, esto no des amerita este sistema; pues lo convierte en pieza clave para el desarrollo industrial y de potencia para el futuro

III. PÉRDIDAS DE ENERGÍA PARA CONVERTIDORES MULTINIVEL

El método PSX-PWM es un método el cual puede suprimir de forma automática los armónicos de bajo orden para convertidores multinivel, sin embargo, este método corresponde a un modo de funcionamiento mediante conmutación; provocando desequilibrio en las tensiones que se encuentran en los capacitores del sistema. Para reducir este desequilibrio se utiliza el algoritmo mostrado en la Fig. 4

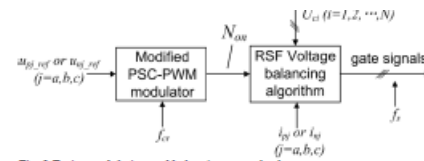


Fig. 4. SPAF implementado en la red de distribución [3]

Este algoritmo se basa en la monitorización en el tiempo real de tensiones de cada condensador brazo i_{pj} actual o i_{nj} ($j = abc$). A fin de que seleccione el correcto SM con la más alta o más baja de tensión, todas las tensiones de SM en un brazo tiene que ser resuelto. [3]. El método de equilibrio se modifica y se encontró que el banda de tensión no es necesario. La tensión de RSF modificado método de balanceo se muestra en la Fig. 5. Non_old es el número de SMS que ya se encuentra en el estado en el ciclo de control de corriente

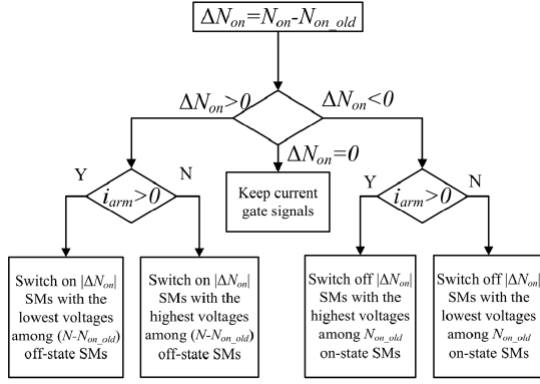


Fig. 5. Reducción de conmutación de frecuencia (RF) algoritmo de balanceo de tensión [3]

A más de ello se debe analizar el comportamiento brindados por el datasheet del IGBT a utilizar en este caso se utiliza el modelo FF300R17KE a partir del cual se muestra las curvas de la Fig. 6.

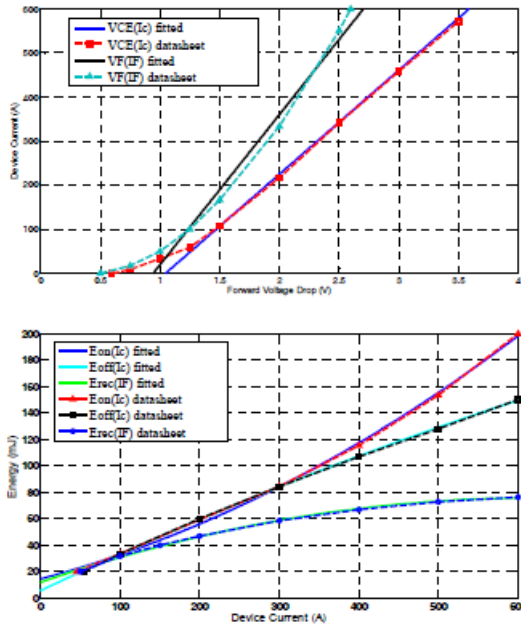


Fig. 6. Características on-estado (superior) y de conmutación (inferior) de la IGBT FF300R17KE4 módulo a la temperatura de la unión de 125 .C y una referencia voltaje para la conmutación de las pérdidas de VCE, ref = 900 V. [3]

En general el problema de las pérdidas habladas antes se puede mejorar aplicando el algoritmo mostrado anteriormente o realizando uno nuevo que cumpla con las expectativas e incluso supere a este. Además mediante el mismo análisis del convertidor multinivel se debe realizar el cálculo de la frecuencia de conmutación nominal con el cual se obtiene menos pérdidas de conmutación y mantener un THD aceptable [Pendiente]

El THD se puede disminuir con el aumento de niveles de MMC sin aumentar la frecuencia de conmutación de modo que las pérdidas de conmutación son limitadas.

IV. CONVERTIDORES MULTINIVEL EN LA ACTUALIDAD

A lo largo del documento se ha descrito el funcionamiento de los convertidores multinivel su funcionamiento, algunos métodos para mejorarlo y sobre todo el amplio sector de su aplicación, por lo cual se enuncia avances que se tienen con respecto a estos y el lugar específico de sus aplicaciones.

A. Convertidores Multinivel para Redes de Aerogeneradores

Últimamente en el mundo ha tenido que buscar nuevos medio de generadores rentables e inagotables o lo más próximo a este concepto; entonces los ojos de muchas personas se han fijado en el uso de generadores eólicos y el acoplamiento de la energía generada directamente a la red de suministro; la importancia de la estabilidad de estos potenciales generadores han llevado a la investigación sobre lo convertidores multinivel.

Un método implementado es el uso de convertidores de nivel modular (MMC) en serie con tres puentes H, a partir del diseño de esta se puede ofrecer una tensión modulada. Este método es un modelo híbrido al modelo general, presenta las ventajas que tiene un convertidor multinivel añadiendo un mejor factor de utilización de voltaje de CC y su estructura modular, además proporciona un control vectorial para obtener el máximo provecho del poder del viento.

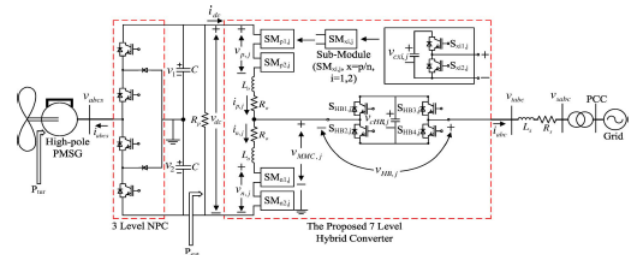


Fig. 7. Esquema del modelo híbrido de un convertidor multinivel para sistemas eólicos [5]

V. FILTROS ACTIVOS DE POTENCIA PARA SISTEMAS TRIFÁSICOS

Los Filtros activos de potencia se basan en al conexión de un convertidor a la línea ya sea monofásica o trifásica, los cuales están acoplados por un inductor que almacena la energía y permite la compensación de corriente, por medios de un bus de condensadores que actúan como fuente de corriente continua que son conmutadas a través de los transistores de potencia

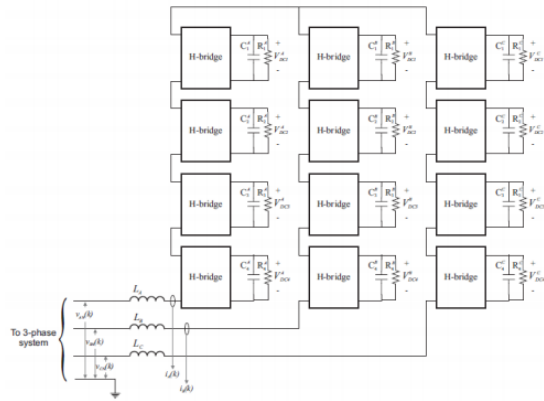


Fig. 8. Esquema de un filtro activo de potencia [6]

En el mismo ámbito de los filtros se ha trabajado en el complemento de este como lo son los Filtros Activos de potencia de amortiguamiento de armónicos de propagación en sistemas de Alimentación.

Este filtro recibe la tensión, la cual es controlada de una manera tal como para presentar impedancia infinita al circuito externo para la frecuencia fundamental, y en cuanto a exhibir una baja resistencia para las frecuencias armónicas. Cuando el filtro activo está instalado en el bus final del alimentador, se realiza con éxito el amortiguamiento de armónica a lo largo de la línea de distribución.

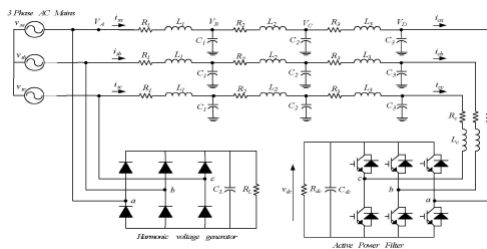


Fig. 9. Filtro activo de potencia con amortiguamiento de armónicos [7]

VI. CONCLUSIONES

Los convertidores multinivel permiten modular la tensión y corriente de una señal obteniendo formas de ondas lo más apegadas posible a lo ideal, para lo cual utiliza un sistema de tiristores inductores y capacitores los cuales trabajan en conmutación provocando así los niveles para al modulación.

La potencia de los convertidores multinivel se incrementa al emplear voltajes mayores, sin necesidad de incrementar la corriente, evitando así pérdidas durante la conducción, y con ello mejora el rendimiento del convertidor. Además de ello posee la ventaja de tener un respuesta rápida en conmutación por emplear filtros de menor tamaño y tener más niveles de tensión de salida. Entonces dicho esto los mayormente beneficiados sobre los convertidores multinivel son las grandes industrias pues el gran problema que tienen es el bajo factor de calidad que estas pueden tener por las perturbaciones en al red, lo cual les lleva a realizar mayor cantidad de gastos, lo que implica pérdidas económicas.

En la actualidad existe un gran número de investigaciones en cuanto se refiere al acoplamiento de redes de alta y media

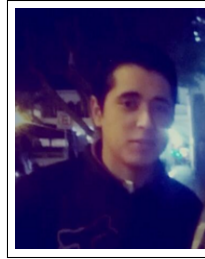
tensión sin obtener perturbaciones en la red que puede llevar a una desestabilización y con lo cual afecte a los dispositivos, maquinas y elementos conectadas a esta. Por lo cual los convertidores multinivel están siendo cada vez más solicitados al momento de construir generadores, en especial generadores eólicos. Basados en su funcionamiento se puede llegar a obtener ondas casi sinusoidales de corriente y de tensión con lo cual el acoplamiento hacia nuevos subestaciones será mucho más barato, esto ocurre a razón de la eliminación de transformadores de acople, dichos transformadores realizan solo la transmisión de tensión, pero por su construcción induce pérdidas de tensión.

En definitiva el análisis de los convertidores multinivel permite comprender la posibilidad de obtener una red eléctrica que ofrezca menos perdidas y una mejora en el rendimiento mediante la disminución de los armónicos que se generan en la misma, es importante destacar que estos tipos de dispositivos se enfocan el tratamiento de las señales, generación de voltajes de salida con menor distorsión y pocas variaciones de tensión, en cuanto a la características de los dispositivos que se implementan, disminuye el estrés de los mismos y ayuda a la forma en que se da su distribución, además se visualizó su aplicación para otro tipos de energías como son las renovables que a pesar de que sus costos presentan un valor alto, este tipo de elementos ayudaran para que en un futuro se viable la implementación de estas energías. Cada avance representa una mejora en cuanto a los costos de las redes de alta y media tensión, por tal motivo es primordial enfocarse en el desarrollo de instrumentos como son los convertidores para de esta manera favorecer al desarrollo del país

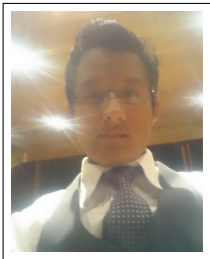
REFERENCES

- [1] Das, A.; Nademi, H.; Norum, L., "A Pulse Width Modulation technique for reducing switching frequency for modular multilevel converter," in Power Electronics (IICPE), 2010 India International Conference on , vol., no., pp.1-6, 28-30 Jan. 2011
- [2] Abdalla, I.I.; Rao, K.S.R.; Perumal, N., "Cascaded multilevel inverter based shunt active power filter in four-wire distribution system," in National Postgraduate Conference (NPC), 2011 , vol., no., pp.1-6, 19-20 Sept. 2011
- [3] Qingrui Tu; Zheng Xu, "Power losses evaluation for modular multilevel converter with junction temperature feedback," in Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE , vol., no., pp.1-7, 24-29 July 2011
- [4] Debnath, S.; Saadifard, M., "A New Hybrid Modular Multilevel Converter for Grid Connection of Large Wind Turbines," in Sustainable Energy, IEEE Transactions on , vol.4, no.4, pp.1051-1064, Oct. 2013
- [5] Peña, F. (2014). Ingeniero Electrónico. Implementación de un controlador Adaptivo para Filtros activos de Potencia. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- [6] Rahmani, S.; Al-Haddad, K.; Fnaiech, F., "A Three-Phase Shunt Active Power Filter for Damping of Harmonic Propagation in Power Distribution Systems," in Industrial Electronics, 2006 IEEE International Symposium on , vol.3, no., pp.1760-1764, 9-13 July 2006
- [7] Asoodar, M.; Iman-Eini, H., "A new switching algorithm in Back to Back CHB Multilevel converters with the advantage of eliminating isolation stage," in Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2012 11th International Conference on , vol., no., pp.731-736, 18-25 May 2012
- [8] Baier, C.R.; Melin, P.E.; Guzman, J.I.; Rivera, M.; Muñoz, J.A.; Rothen, J.; Espinoza, J., "Current-source cascaded multilevel converters based on single-phase power cells," in Industrial Electronics Society, IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE , vol., no., pp.6207-6212, 10-13 Nov. 2013

- [9] Ramya, G.; Ramaprabha, R., "Switching loss and THD analysis of modular multilevel converter with different switching frequency," in Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2015 IEEE 11th International Conference on , vol., no., pp.336-340, 9-12 June 2015
- [10] Fujin Deng; Zhe Chen; Khan, M.R.; Rongwu Zhu, "Fault Detection and Localization Method for Modular Multilevel Converters," in Power Electronics, IEEE Transactions on , vol.30, no.5, pp.2721-2732, May 2015
- [11] Binbin Li; Shaolei Shi; Yibo Zhang; Rongfeng Yang; Gaolin Wang; Dianguo Xu, "Analysis of the operating principle and parameter design for the modular multilevel DC/DC converter," in Power Electronics and ECCE Asia (ICPE-ECCE Asia), 2015 9th International Conference on , vol., no., pp.2832-2837, 1-5 June 2015
- [12] Tripetch, K., "A novel techniques for step down converter implemented by high voltage operational amplifier," in Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2012 International Symposium on , vol., no., pp.287-292, 20-22 June 2012
- [13] Bhaskar, M.S.; SreeramulaReddy, N.; Kumar, R.K.P.; Gupta, Y.B.S.S., "A novel high step-up DC-DC multilevel buck-boost converter using voltage-lift switched-inductor cell," in Computer Communication and Systems, 2014 International Conference on , vol., no., pp.271-275, 20-21 Feb. 2014



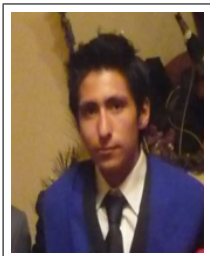
Daniel Molina (1995-06-23). Born in Cuenca-Ecuador, he finished his high school studies at school Miguel Cordero Crespo. He is a student at the Universidad Politécnica Salesiana in the program Degree in Electrical Engineering. It is studying the subject of Analog Electronic, among others.



Geovanny Carpio (1995-09-14). Born in Cuenca-Ecuador, he finished his high school studies at school Técnico Salesiano. He is a student at the Universidad Politécnica Salesiana in the program Degree in Electrical Engineering. It is studying the subject of Analog Electronic, among others.



Juan Pedro Samaniego (1993-02-20). Born in Cuenca-Ecuador, he finished his high school studies at school Técnico Salesiano. He is a student at the Universidad Politécnica Salesiana in the program Degree in Electrical Engineering. It is studying the subject of Analog Electronic, among others.



Andres Argudo (1995-04-02). Born in Cuenca-Ecuador, he finished his high school studies at school Técnico Salesiano. He is a student at the Universidad Politécnica Salesiana in the program Degree in Electrical Engineering. It is studying the subject of Analog Electronic, among others.