



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Análisis de la direccionalidad armónica a nivel tensión de 60 KV para optimizar el
funcionamiento de la sub estación Chiclayo Oeste de 220 / 60 KV”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Erick Ronald Chirinos Vera (ORCID: 0000-0001-5045-3786)

ASESOR:

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Está presente tesis quiero dedicarla:

En primer lugar a nuestro padre todo poderoso Dios, el cual nos da el aliento de vida para seguir adelante, a mi hijo Tiago que es mi principal motivo para lograr mis objetivos y metas, tal vez no entiendas mis palabras en este momento pero cuando lo puedas entender sabrás lo que significas para mí, a mi esposa Leydi que es el apoyo moral, mi fortaleza, ellos son el engranaje por lo que luchó todos los días para dar lo mejor de mí y se sientan orgullosos, los amo mucho a los dos, también no podía dejar fuera de esta dedicatoria a mi madre, la persona que me trajo al mundo que siempre luchó por sacarme adelante, siempre impulsándome, aconsejándome y como toda progenitora preocupada porque su hijo cumpla con sus estudios, mi padre con su consejos y ejemplo, de él aprendí los valores que rigen nuestra vida.

Erick Ronald Chirinos Vera

Agradecimiento

A través de estas cortas líneas quiero agradecer a mi asesor él siempre estuvo dispuesto, receptivo a las consultas y orientaciones, también a un gran amigo y compañero de trabajo el Ingeniero Diego Giraldo Cabana, el cual fue mi apoyo e impulsor de esta tesis, a la Universidad César Vallejo por abrir sus puertas y darme la oportunidad de forjarme como profesional en sus aulas, a cada uno de los docentes que tuve el privilegio de tener, los que me impartieron sus conocimientos y enseñanzas, a mi familia por su apoyo y aliento de seguir adelante con mis objetivos.

Erick Ronald Chirinos Vera

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Chirinos Vera Erick Ronald**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° **16772223**, con el trabajo de investigación titulada,

“ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD ARMÓNICA A NIVEL TENSIÓN DE 60 KV PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA SUB ESTACIÓN CHICLAYO OESTE DE 220 / 60 KV”

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 20 de Julio, 2020

Nombres y apellidos: Erick Ronald Chirinos Vera

DNI : 16772223

Firma :



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	16
2.1 Tipo y Diseño de Investigación.	16
2.2 Operacionalización de Variables.	16
2.3 Población y Muestra.	18
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	18
2.5 Métodos de Análisis de Datos.	20
2.6 Aspectos Éticos.....	20
III. RESULTADOS.....	21
3.1 Determinar el estado operacional de la sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV.....	21
3.2 Realizar el registro de los armónicos y su direccionalidad bajo diferentes condiciones de trabajo de la sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV.....	38
3.3 Aplicar los métodos de análisis de armónicos para determinar sus efectos en la sub estación Chiclayo Oeste.....	47
3.4 Realizar una propuesta de mejoras para minimizar el efecto de los armónicos en la sub estación Chiclayo Oeste.....	59
3.5 Establecer la factibilidad económica – financiera de las mejoras propuestas.	65

3.6 Realización de la evaluación económica del sistema de filtrado de armónicos. ..	68
IV. DISCUSIÓN.....	70
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS.....	78
Acta de aprobación de originalidad de tesis	84
Reporte de Turnitin.....	85
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	86
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	87

Índice de tablas

Tabla 1. Esquema de operacionalización de las variables.....	17
Tabla 2. Cuadro para la recolección de datos.....	18
Tabla 3. Tabla de distorsiones armónicas totales de un día típico – tanto a nivel delta como a nivel estrella.....	41
Tabla 4. Distorsiones armónicas de 3, 5, 7, 9 y 11 armónico.....	44
Tabla 5. Orden de armónico impares y pares	46
Tabla 6. Armónicos admisibles	46
Tabla 7. Principales tipos de descomposición armónica.....	49
Tabla 8. Secuencia de armónicos	52
Tabla 9. Límites de distorsión y clasificación de sistemas de baja potencia.....	57
Tabla 10. Factor K comunes en el mercado para transformadores	61
Tabla 11. Presupuesto de implementación	65
Tabla 12. Ahorro de energía y multas evitadas año 2018	66
Tabla 13. Ahorro de energía y multas evitadas año 2017	66
Tabla 14. Ahorro de energía y multas evitadas año 2016	67

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de carga y duración.....	4
Figura 2. Cadena de valor de la electricidad.	5
Figura 3. Esquema de transformación de 02 devanados.	6
Figura 4. Diagramas de devano para el transformador Y-Y.....	7
Figura 5. Diagrama esquemático de un transformador ideal conectado: A) En la forma usual; B) Como autotransformador.....	8
Figura 6. Espectro de armónicos.	8
Figura 7. Diagrama unifilar – Chiclayo Oeste.....	21
Figura 8. Foto aérea de Chiclayo Oeste.....	22
Figura 9. Variaciones de parámetros eléctricos.....	36
Figura 10. Esquema lógico para la elaboración del plan a mediano plazo.....	37
Figura 11. Plan de medio plazo 2019 – 2024.	37
Figura 12. Transformación de fasores de distorsiones armónicas totales.	40
Figura 13. Gráfico de armónico total I.	42
Figura 14. Gráfico de armónico total I2.	42
Figura 15. Gráfico de armónico total I3.	43
Figura 16. Armónico 3, 9 Y 11.....	45
Figura 17. Armónico 5 Y 7.....	45
Figura 18. Sistema trifásico con ondas de distinto direccionamiento.	53
Figura 19. Frecuencia vs impedancia.	54
Figura 20. Hendidura en una onda de tensión.	56

RESUMEN

El sistema interconectado nacional en el Perú permite el abastecimiento de energía eléctrica a todos los usuarios del sistema, la transmisión de energía eléctrica desde los puntos de generación hasta los consumidores se realiza en niveles de tensión de 220 KV y 500 KV. La Sub estación Chiclayo-Oeste es la que conecta el sistema eléctrico de Chiclayo con el sistema eléctrico nacional, posee un patio de llave del 220 KV y otro en 60 KV, ambos en configuración doble barra más celda de acople, con el incremento de los equipos electrónicos viene consigo el incremento de las alteraciones.

Se ha procedido a un registro y análisis de los principales armónicos (Tercer, Quinto, Séptimo, Noveno y Décimo Primer Armónico), en un periodo de tres meses, tanto en horas punta, como en horas fuera de punta, día de semana, día de fin de semana (sábado, domingo y feriados), los datos y formas de onda incluyen la siguiente información: tres voltajes, V1, V2, V3 y tres corrientes I1, I2 e I3; distribución espectral en magnitudes por armónico, distribución espectral en ángulo de fase por armónico, formas de onda y espectro de frecuencia. La aparición de una serie de perturbaciones, denominados armónicos de tercera, quinta, séptima, novena y undécimo nivel, lo cual origina la distorsión de la onda Senoidal elemental y el incremento del RMS (Valor medio efectivo de la onda de voltaje y de la onda de corriente), con el consecuente sobrecalentamiento, sobretensión y sobre amperaje de las redes.

Las distorsiones son eliminadas con un sistema de filtrado, los filtros son calculados por complejos procedimientos que se basan en las series de Fourier. La mejora de la calidad de energía eléctrica nos permite corriente más estable y menos interrupciones además de menor cantidad de multas por parte de la entidad reguladora y fiscalizadora. La inversión inicial de suministro y montaje ha sido estimada es de S/ 469,640, con un valor estimado de ingresos de S/ 443,000 soles al año, lo cual nos permite el manejar un flujo de caja a soles constantes y flujos económicos, que nos determinan indicadores de VAN (Ganancia), de S/ 1,209,678 Soles y una rentabilidad de 80.23 % al año.

Palabras Clave: Armónicos, filtros, series Fourier, direccionalidad

ABSTRACT

The national interconnected system in Peru allows the supply of electrical energy to all users of the system, the transmission of electrical energy from the generation points to the consumers is carried out at voltage levels of 220 KV and 500 KV. The Chiclayo-Oeste Sub Station is the one that connects the Chiclayo electrical system with the national electrical system, it has a 220 KV key yard and another one at 60 KV, both in double bus configuration plus coupling cell, with the increase in Electronic equipment comes with the increase in alterations.

A recording and analysis of the main harmonics (Third, Fifth, Seventh, Ninth and Eleventh Harmonic) has been carried out, in a period of three months, both during peak hours and off-peak hours, weekday, day weekend (Saturday, Sunday, and holidays), data and waveforms include the following information: three voltages, V1, V2, V3, and three currents I1, I2, and I3; spectral distribution in magnitudes per harmonic, spectral distribution in phase angle per harmonic, waveforms and frequency spectrum. The appearance of a series of disturbances, called third, fifth, seventh, ninth and eleventh level harmonics, which causes the distortion of the elemental sine wave and the increase of the RMS (effective average value of the voltage wave and wave current), with the consequent overheating, overvoltage and over-current of the networks.

The distortions are eliminated with a filtering system, the filters are calculated by complex procedures that are based on the Fourier series. Improving the quality of electrical energy allows us to have a more stable current and fewer interruptions, in addition to fewer fines by the regulatory and supervisory entity. The initial investment of supply and assembly has been estimated at S / 469,640, with an estimated value of income of S / 443,000 soles per year, which allows us to manage a cash flow at constant soles and economic flows, which determine us VAN (Gain) indicators of S/ 1,209,678 Soles and a return of 80.23% per year.

Keywords: Harmonics, filters, Fourier series, directionality

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es pieza fundamental en la industria moderna actual, sin embargo, el incremento del uso de la electrónica de potencia para la inspección de los procesos y cargas ha conllevado que se incremente también el dilema en cuanto a la calidad de energía.

Los dispositivos electrónicos de potencia se desempeñan de forma no lineal, la corriente tiene una forma de onda no sinusoidal al aplicar un voltaje sinusoidal, esto contribuye de gran manera en la condición de la energía eléctrica generando armónicos de corriente que distorsionan las pérdidas y la señal de voltaje (Reyes, Rodriguez, & Robles, 2010, pág. 390). Esto genera un problema ya que se da una transferencia de energía reactiva con la transmisión de energía. La International Electrotechnical Commission y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica establecieron normas las cuales restringen alteraciones de baja frecuencia en redes industriales y domésticas, caben mencionar las normas IEC 61000 y EN 61000.

La IEC exhorta en su estándar IEC 61000-3-2 que los productos impidan el consumo de armónicos, aplicándose a todos las cargas trifásicas o monofásicas menor a 16 A en cada fase, además a norma IEC 61000-3-2 especifica que los productos serán certificados en laboratorios acreditado, siendo aplicación obligatoria desde el 1 de enero del 2001.

En el Perú el crecimiento del sistema eléctrico ha conllevado al uso de dispositivos de orden lineal y el incremento de equipos electrónicos, lo cual ha traído como consecuencia el crecimiento de ondas sinusoidales que afectan la calidad de la energía afectando principalmente a aquellos equipos que operan con ondas de tensión y corriente de alta calidad (OSINERGMIN, 2019).

Desde los años 90 las diversas empresas de distribución de energía eléctrica son fiscalizadas por OSINERGMIN, para que estas entreguen al usuario final una energía eléctrica de calidad sin perturbaciones, especialmente aquellas que lo causan los armónicos del orden 3, 5 y 7; tomando en cuenta que es muy difícil eliminar los elementos perturbadores actualmente se planea instalar filtros de armónicos de diferentes tipos, obteniendo en muchos casos resultados muy positivos; sin embargo debido a que es imposible eliminar los elementos perturbadores se vienen reduciendo a límites permisibles aprobados por las normas internacionales (IEC) y nacionales (CNE) (Bonifacio Namoc, 2018, pág. 14).

“La Resolución N° 616-2008-OS/CD, en que el OSINERGMIN establece la medición de las perturbaciones por armónicas eléctricas como calidad del servicio y su aplicación a partir

del segundo semestre del año 2009 para todas las empresas de distribución eléctrica” (OSINERGMIN, 2019).

La Subestación Chiclayo Oeste fue construida en el año de 1986 por el empresa del estado peruana Electro Perú, ésta fue puesta en servicio el 19 de Julio de 1986, en el año 1994 se forma la empresa del estado ETECEN S.A., en la cual la Subestación Chiclayo Oeste pasa a pertenecer a esta y en el año 2002 el estado la da en concesión a Red de Energía del Perú dicha empresa sigue hasta la actualidad, esta subestación es de transformación de 220KV a 60KV, con la que cuenta con 3 transformadores de potencia dos de 50 MVA y uno de 100 MVA, en sus instalaciones se tiene líneas de 60KV de los distribuidores y un equipo de compensación reactiva de ± 30 MVAR (SVC), las cuales son fuentes de generación de armónicos, los armónicos que vamos analizar son los impares, del orden de 3^{ra} , 5^{ta} , 7^{ma} , 9^{na} , 11^{va} , estos son los más perjudiciales para el sistema y los transformadores de potencia, por lo que es necesario el analices de la direccionalidad de los armónicos y los efectos que estos puedan causar a los transformadores de potencia (equipos inductivos). Los armónicos causan la degeneración del aislamiento de los transformadores de potencia por lo que se tiene una pérdida de su capacidad de potencia y disminuye su vida útil.

En la investigación “Análisis de la estadística de eventos del sistema de subtransmisión de la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte para determinar los índices de condición de servicio indicados en la reglamentación ARCONEL 003/08 en la provincia de Tungurahua periodo 2015” (León Rivera & Tenelema Ramirez, 2016, pág. 3), describe el diagnóstico del estado de calidad de servicio eléctrico, se ha analizado el servicio de transmisión y conexión y los aspectos de la regulación como son la duración y frecuencia de las interrupciones usando también el software DigSILENT indicando así las posibles falencias presentadas, brindando sugerencias mediante planes e mantenimiento o procedimientos de operación como acciones preventivas para evitar que estos eventos se vuelvan a presentar y de esta manera la calidad del servicio eléctrico mejore.

En la investigación “Determinación de límites de transmisión en sistemas eléctricos de potencia” (Castellanos-Bustamante, 2013, pág. 272), se aplica diferentes métodos para valorar el margen de transferencia de potencia el cual respalde una operación segura dentro de las redes de energía eléctrica, se determinan los flujos superiores de energía por medio de las líneas de transmisión, el umbral térmico, cargabilidad y el margen de estabilidad ante oscilaciones interáreas de engranes de transmisión entre zonas. Los resultados muestran un

diagrama de interrupción de carga para establecer una manera de oscilación interáreas al atenuar oscilaciones negativas y guiar consigo al sistema eléctrico hacia un estado de operación estable. Se usa el sistema eléctrico interconectado mexicano para el modelamiento.

En la investigación “Diseño de sistema de protecciones para la subestación antigua Guatemala 69 KV” (Argueta Román, 2016, pág. 6), identifica las deficiencias que presenta el sistema actual de protecciones para proponer una solución la cual consiste en diseñar un sistema de protecciones más competente, como parte de la metodología de desarrollo se identificó las necesidades y el alcance de la investigación a partir de allí se plantea una solución de acuerdo a las características del sistema y la sub estación, seleccionando los equipos de protección que va a utilizar, tomando en cuenta las variables se termina el diseño y se propone su implementación.

En la investigación “Estudio y análisis de calidad del producto orientado en perturbaciones armónicas en el sistema eléctrico de un ingenio azucarero Cartavio S.A.A” (Lonardo Ventura, 2018, pág. 5), estudia y analiza la condición del producto basado en la normatividad actual orientado en perturbaciones armónicas para alcanzar energía eléctrica de calidad dentro del sistema del ingenio azucarero Cartavio S.A.A. En el cual se encontró armónicos de corriente de orden 5 y 7, dichos parámetros defectuosos por equipos que generan cargas de tipo no lineal, en tal sentido facilitó opciones de solución, una de ellas es desarrollar filtros pasivos paralelo LC – resonante, de esta manera equilibrar la energía reactiva, se elaboró el diseño acorde a la NTCSE.

En la investigación “Análisis y propuesta de calidad de potencia eléctrica mediante reducción de armónicas con filtro activo de potencia shunt (faps) en sub estaciones de 10/22.9 KV de Cajamarca – región Cajamarca” (Bonifacio Namoc, 2018, pág. 7), se ha realizado el análisis para compensar armónicas que produjeron la alteración de la onda sinusoidal asimismo ocasionaban ruidos contaminantes. En esta investigación se compensa las armónicas que generan la distorsión de ondas sinusoidales de tensión y corriente generando pérdidas técnicas y económicas que en la actualidad se han venido incrementando contaminando al medio ambiente, de lo analizado se concluyó las propiedades técnicas de un filtro que disminuyó a niveles admisibles la distorsión sinusoidal de la tensión y corriente, de este modo también la disminución de pérdidas económicas.

En la investigación “Direccionalidad de corrientes armónicas en sistemas de distribución eléctrica” (Gálvez Carrillo, 2003, pág. 9), se desarrolla en el estudio de una metodología

para determinar la direccionalidad de las corrientes armónicas dentro de un sistema de distribución eléctrica llegando al análisis y exposición de una metodología basado en un concepto nuevo como la impedancia crítica, tomando un caso real que involucra a dos empresas fabriles: UCISA y ALICORP abastecidas de energía eléctrica por parte de ELECTRONORTE, el análisis de la simulación da como resultado que la mayor responsabilidad en la perturbación de la calidad de onda de tensión recae sobre las empresas fabriles.

La electricidad se precisa como el movimiento de electrones durante un tiempo establecido, la fuerza física que impulsa este movimiento es conocida como voltaje con su unidad voltio (V), mientras que la medida de la cantidad de electrones que fluyen es denominada intensidad de corriente y su unidad de media es el amperio (A) (OSINERGMIN, 2016, pág. 23).

El consumo de energía durante el día se le conoce como demanda eléctrica, el diagrama que representa este consumo es llamado diagrama de carga diaria, permitiendo la definición de etapas de alta o baja demanda designados como horas punta y horas fuera de punta (OSINERGMIN, 2016, pág. 31).

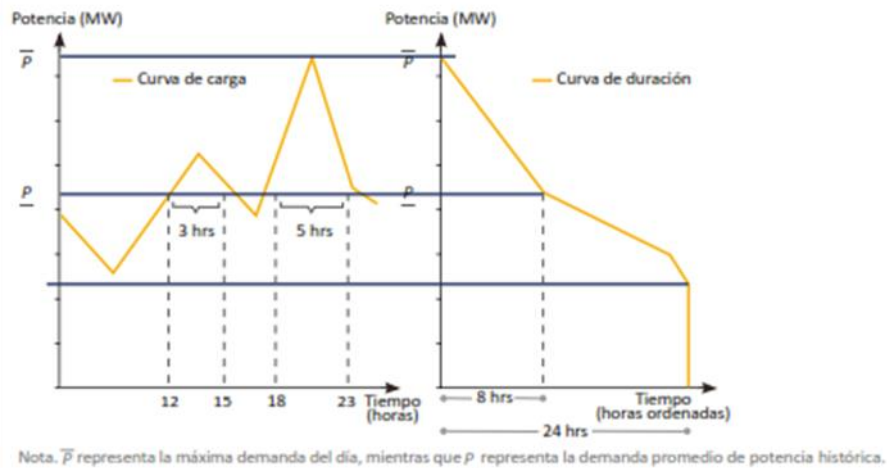


Figura 1. Diagrama de carga y duración.

Al ser encendida una lampara eléctrica por un cliente, diferentes actores en la serie de suministro se activan al dominio de una matriz que organiza sus actividades para poder complacer la demanda de energía eléctrica. La cadena de valor del sector eléctrico está

conformada por tres etapas que suministran el servicio físico (generación, transmisión y distribución) y una etapa complementaria de tipo comercial (OSINERGMIN, 2016, pág. 31). En la etapa de generación de energía se transforma una energía principal en energía eléctrica, la transmisión posibilita transportar la electricidad desde la zona de generación hasta las zonas de consumo, los que se están concesionados por múltiples empresas distribuidoras (OSINERGMIN, 2016, pág. 34).

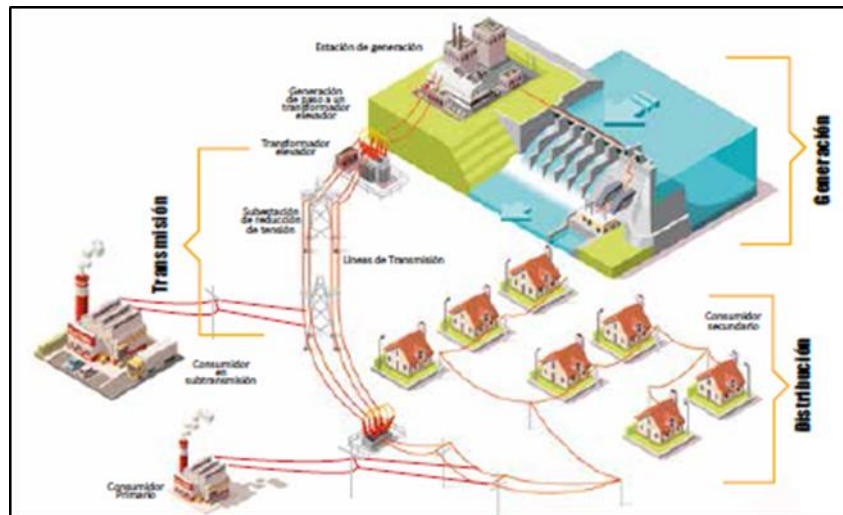


Figura 2. Cadena de valor de la electricidad.

El transformador es un equipo que tiene dos o más bobinas ubicadas de tal forma que se encuentran enlazadas por el mismo flujo magnético. Las bobinas en un transformador de potencia se ensamblan encima de acero con el objetivo que el flujo se encierre y quede envuelto entre todas las bobinas. Podemos realizar que varias bobinas se conecten en serie o en paralelo para componer un devanado, cuyas bobinas se agrupan ordenadamente en el núcleo de manera alternada con aquéllas de otros devanados (Grainger & Stevenson, 1996, pág. 34).

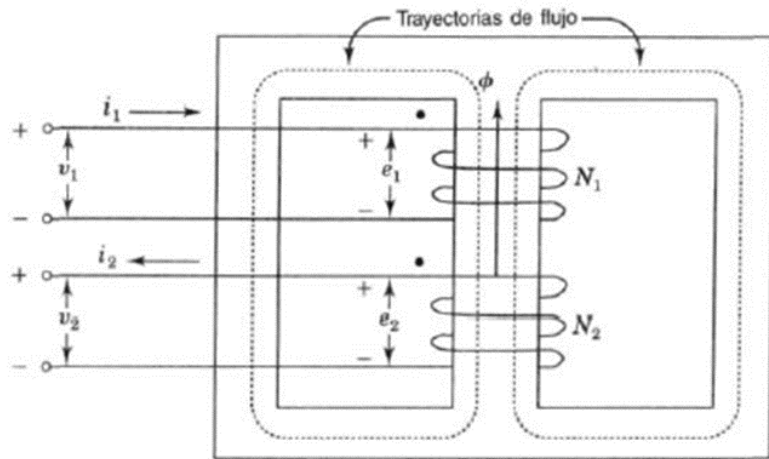
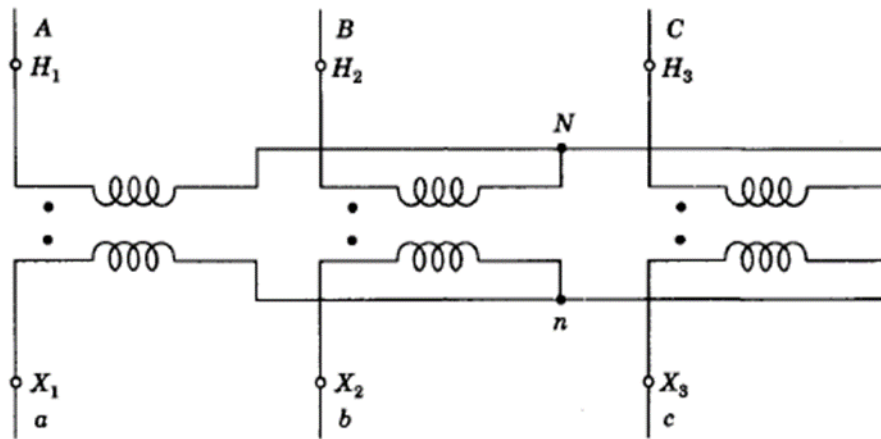


Figura 3. Esquema de transformación de 02 devanados.

Si tenemos tres transformadores monofásicos de las mismas características pueden conectarse de modo que tres devanados en A, ha señalado voltaje nominal, y tres devanados en Y, de distinto voltaje nominal, conformen un transformador trifásico. Se manifiesta que tal transformador está conectado en Y-A o en A-Y. Otras posibles conexiones son Y-Y y A-A. Si los transformadores monofásicos contienen tres devanados (primario, secundario y terciario), se pueden enlazar dos grupos en Y y uno en A, pueden estar dos en A y uno en Y. En vez de usar tres transformadores monofásicos iguales, es común usar una unidad trifásica que posee las tres fases sobre la misma estructura de acero (Grainger & Stevenson, 1996, pág. 47).



a) Diagrama de conexiones Y-Y

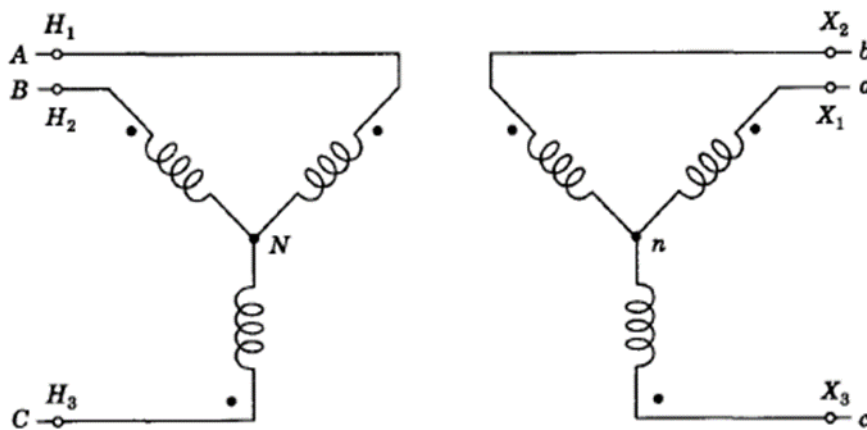


Figura 4. Diagramas de devanado para el transformador Y-Y.

También podemos describir al autotransformador que es distinto a un transformador ordinario porque sus devanados están enlazados eléctricamente y adaptados por un flujo mutuo. Verificaremos el autotransformador el cual conectaremos los devanados eléctricamente de un transformador modelo. En la siguiente figura a) es un esquema resumido de un transformador ideal y en la figura b) se evidencia cómo se conectan eléctricamente los devanados para que de esta manera se logre formar un autotransformador. Se demuestran los devanados de tal manera que se suman sus voltajes, aunque se podrían haber conectado para que se opusieran uno al otro. La desventaja de un autotransformador es que se pierde el aislamiento eléctrico, en el gráfico posterior se ve el acrecentamiento logrado en la potencia (Grainger & Stevenson, 1996, pág. 58).

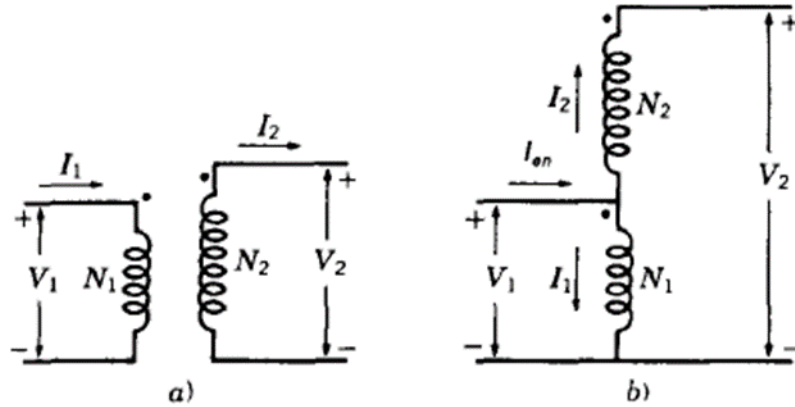


Figura 5. Diagrama esquemático de un transformador ideal conectado: A) En la forma usual; B) Como autotransformador.

Los armónicos son los componentes primordiales de la frecuencia fundamental que se presentan en la onda de tensión o corriente.

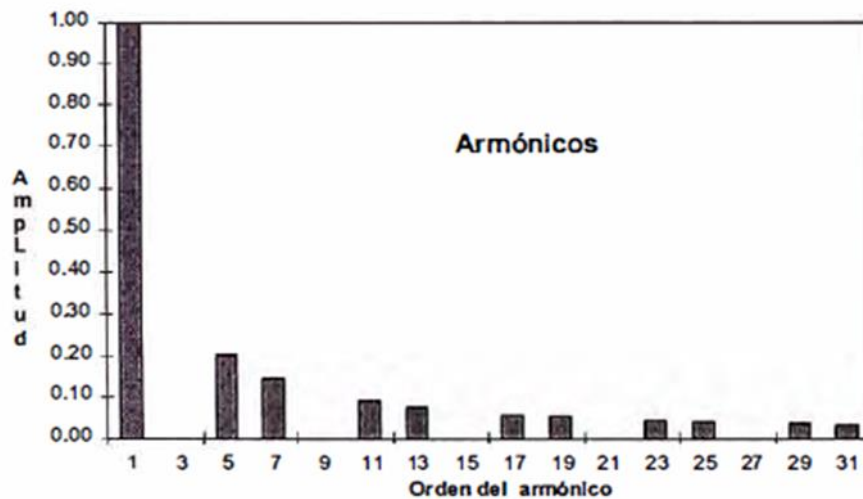


Figura 6. Espectro de armónicos.

Es por eso que para realizar el siguiente estudio en la sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV nos planteamos a siguiente pregunta: ¿Cómo el análisis de la direccionalidad armónica permitirá optimizar el funcionamiento de la Sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV?

Además, podemos indicar esta investigación es importante ya que va a poder determinar si la direccionalidad armónica tiene un efecto en el funcionamiento de la sub estación Chiclayo Oeste de 220 KW, pudiendo establecer estrategias para la disminución de este efecto y de esa manera brindar un servicio de calidad, esta mejora trae como consecuencia una mejora

económica para la empresa, se puede tomar medidas correctivas mejorando la calidad el servicio viéndose beneficiada la población a la cual brinda el servicio, también podemos indicar que determinar la direccionalidad de los armónicos los cuales producen cargas no lineales de baja potencia con lo cual se genera daños a los equipos así como también a las redes de energía, al determinar la causa se puede tomar medidas correctivas lo cual es beneficioso ya que actualmente todos los procesos para generar energía eléctrica, contribuyen a la contaminación del medio ambiente.

Como consideraciones de estabilidad de sistemas de potencia, “Para acomodar completamente las características del modelo a los sistemas, una nueva superficie de conmutación difusa de tipo integral se presenta la función, que contiene perturbación singular matriz y matriz de entrada dependiente del estado simultáneamente. La dinámica del modo deslizante correspondiente es un difuso modelo transformado SPS de modo que la incertidumbre / perturbación coincidente se compense por completo sin amplificar” (Wang, Gao, Reza Karimi, Shen, & Fang, 2017, págs. 1667 - 1675).

Donde el límite de estabilidad máxima se logrará resolviendo el problema del valor propio generalizado, el problema de SMC para MSF en presencia de la perturbación externa limitada emparejada fue investigada utilizando un enfoque de control compuesto, donde un deslizamiento compuesto de superficie fue construido a partir de soluciones de Lyapunov ecuaciones algebraicos (Gao, Lu, & Wang, 2017, pág. 11).

El parámetro ν en los controladores está relacionado con la tasa de convergencia de la superficie difusa, y es cuanto mayor sea ν , mayor será la tasa de convergencia. Como consecuencia, se necesitará más información de control y se producirá un exceso de respuesta. Entonces el parámetro debe elegirse de acuerdo con diferentes situaciones prácticas (Wang N & Er M, 2016, págs. 1845–1852).

En este artículo, el problema de SMC para una clase de onda difusa se ha investigado las MSF sujetas a coincidencia y no coincidencia. Una novedosa superficie de conmutación difusa de tipo integral con singular matriz de perturbación y matriz de proyección dependiente del estado ha sido diseñado Al adoptar una función de Lyapunov dependiente de ϵ , Se han presentado condiciones suficientes para garantizar que la dinámica del modo deslizante correspondiente sea asintóticamente estable (Yang C & Zhang Q, Multiobjective control for T–S fuzzy singularly perturbed systems, 2019, págs. 104-115).

La aplicabilidad y el beneficio de nuestros hallazgos teóricos han sido ilustrados por simulaciones de un circuito eléctrico no lineal. En muchas situaciones prácticas, cambios

abruptos en la estructura, saturación de entrada e inconmensurables, los estados son tres factores comunes que reducen la aplicabilidad del método desarrollado (Wu L, Su X, & Shi P, 2017, págs. 1929–1933).

La estimación de la perturbación se compensa completamente con un modo deslizante controlador robusto, para proporcionar una robustez considerable frente a diversas incertidumbres de modelado y lograr un rendimiento de control constante bajo variaciones estocásticas de la velocidad del viento. Además, el enfoque propuesto tiene una estructura integrada, por lo tanto, solo se necesita el cálculo de la velocidad del rotor y la potencia reactiva, mientras que los bucles auxiliares de regulación de corriente del eje pueden eliminarse por completo (Yang B, Yu T, Shu H, Dong J, & Jiang L, 2018, págs. 711–723).

Por otro lado, se han investigado muchas alternativas prometedoras que intentan remediar tales defectos inherentes de la CV. Por ejemplo, la lógica difusa se utilizó para tratar la selección de sitios de parques eólicos en tierra, un control de linealización de retroalimentación (FLC), fue diseñado para MPPT de DFIG con un análisis modal exhaustivo de dinámica del generador, cuya estabilidad dinámica interna también se demuestra en el contexto del criterio de Lyapunov (Gilmanur R & Mohd HA, 2017, págs. 146:1–8).

Este documento tiene como objetivo aplicar POSMC en el convertidor del lado del rotor (RSC) del DFIG para un MPPT, mientras que la dinámica del convertidor del lado de la red (GSC) se ignora. El punto de máxima potencia (MPP) se define como un punto de funcionamiento de la turbina eólica en el que la máxima energía se puede extraer de la turbina eólica (Delgarm N, Sajadi B, Kowsary F, & Delgarm S., 2016, págs. 170:293–303). Para el caso de perturbaciones eléctricas en Generación RER, se prueba una variación estocástica de la velocidad del viento para examinar el control del rendimiento del enfoque propuesto, que comienza desde 8 m / s y gradualmente alcanza los 12 m / s, En el sistema las respuestas se proporcionan , desde la cual se puede observar claramente que POSMC es capaz de lograr la menor oscilación del error de velocidad del rotor y potencia reactiva gracias a la compensación de perturbación en línea (Song D, y otros, 2017, págs. 190:670–85).

En comparación con otros enfoques robustos no lineales típicos, POSMC puede implementarse fácilmente en la práctica, ya que solo requiere la medición de la velocidad del rotor (mediante un aparato adicional de medición de la velocidad del rotor) y potencia reactiva (leída directamente de la plataforma de medición de potencia actual), por lo tanto,

los costos de construcción del aparato de medición son bastante bajo. Además, como POSMC es un esquema de control descentralizado, no se necesita un controlador frente a los parques eólicos a gran escala (Gayen PK, Chatterjee D, & Goswami SK, 2017, págs. 89:461-72).

Un dispositivo de carretera puede ser desplegado permanentemente en una ubicación fija, o puede ser temporalmente ubicado en las cercanías de un accidente de tráfico o construcción de carreteras. Proporciona capacidades de comunicación para pasar vehículos En T-CPS, una unidad de carretera puede comunicarse con vehículos para intercambiar información, como seguridad y tráfico características de flujo (Li Y, Zhang L, He X, Peeta S, & Zheng T, 2018, págs. 38-47).

Las perturbaciones acumuladas causadas por las incertidumbres del modelo, perturbaciones externas, ruidos y perturbaciones de parámetros, pueden deteriorar extremadamente el rendimiento del sistema .El control de modo (SMC) como técnica de control no lineal ha sido ampliamente investigado durante algunas décadas debido a su simplicidad conceptual, respuesta rápida y poderosa habilidad , para suprimir las perturbaciones que satisfacen la llamada condición de coincidencia (Zhou L, Che Z, & Yang C, 2018, págs. 9854-9861).

Este documento propondrá un nuevo ISMC para MSF con perturbaciones no coincidentes. En primer lugar, una retroalimentación de estado lineal y el control para el subsistema lento está diseñado, y rápidamente se obtiene el subsistema (Yang C & Zhang Q, Multiobjective control for T–S fuzzy singularly perturbed systems, 2017, págs. 104-115).

El resto de esta escritura está constituido así. En la sección II, se describe el problema en consideración y algunos Se presentan preliminares. Los principales resultados se dan en Sección III, se construye un observador de perturbaciones para estimar los disturbios (Nguyen T, Su C, & Gajic Z, 2017, págs. 2011-2016).

La perturbación dependiente de ε observador y el enfoque basado en LMI para diseñar la ley ISMC ha sido presentado. En virtud de este método, el obtenido, la ley ISMC puede garantizar que, para cualquier perturbación singular dentro del límite superior, los SPS de bucle cerrado son asintóticamente estable, y las perturbaciones no coincidentes pueden ser efectivamente atenuado (Gao Y, Sun B, & Lu P, 2018, págs. 386-390).

El desarrollo constante del rastreo de estos disturbios se consigue a través del estudio estadístico y la comparación de señal multinivel en el entorno wavelet. El comportamiento de los índices de las señales de corriente y tensión se logran empleando la transformada

wavelet discreta, el análisis multiresolución y el concepto de señal de energía (Biscaro, Pereira, Kezunovic, & Mantovani, 2016, págs. 428-436).

El programa de localización de fallas desarrolla un rol importante en el corto plazo de operación de la red de distribución eléctrica, reduciendo el tiempo de inactividad y, por lo tanto, aumentando el funcionamiento y fiabilidad del sistema de distribución. En la literatura, muchos trabajos que proponen diferentes técnicas para localizar fallas en sistemas de distribución eléctrica (Bollem M, 2016, págs. 129-135).

La transformada wavelet (WT) es una herramienta matemática similar a la Transformada de Fourier (FT) utilizada para el análisis de señal, que se puede utilizar para obtener características importantes de diversos tipos de disturbios. WT es un procesamiento de señal moderno y técnica que supera las limitaciones de los métodos basados en FT (Suarez D, Caicedo G, & Vargas-Torres H, 2018, págs. 1-6).

Como las señales con perturbaciones de calidad de energía tienen grandes desequilibrios con diferentes componentes de frecuencia, el cálculo de la energía de la señal se puede utilizar para sacar importantes características de distintos tipos de perturbaciones. Así, calculando la energía de las señales pre-falla y post-falla, es posible cuantificar el grado de desequilibrio en el estado operacional del sistema (Pereira R, Kezunovic M, & Mantovani J, 2019, págs. 852-862).

Como las señales con perturbaciones de calidad de energía tienen grandes desequilibrios con diferentes componentes de frecuencia, el cálculo de la energía de la señal se puede utilizar para obtener importantes características de diferentes muestras de perturbaciones. Así, calculando la energía de las señales pre-falla y post-falla, es posible cuantificar el grado de desequilibrio en el estado operacional del sistema (Kim C & Aggarwal R, 2018, págs. 81-87).

En cuanto a la utilización de software para el manejo de las perturbaciones: “Como las señales con perturbaciones de calidad de energía tienen grandes desequilibrios con diferentes componentes de frecuencia, el cálculo de la energía de la señal se puede utilizar para sacar importantes características de diferentes muestras de perturbaciones. Así, calculando la energía de las señales pre-falla y post-falla, es posible cuantificar el grado de desequilibrio en el estado operacional del sistema” (Kim C & Aggarwal R, 2018, págs. 81-87).

El número y la posición de los dispositivos de medición afectan el rendimiento del programa FL. Sin embargo, el número de los dispositivos de medición que deben asignarse en la red son mínimo, a diferencia del que utiliza una gran cantidad de dispositivos de medición,

aumentando el tráfico de datos y el esfuerzo computacional, y cuya metodología solo funciona para sistemas de distribución con un alto nivel de automatización (Carpenter G, Grossberg S, Markunzon N, Reynolds J, & Rosen D, 2016, págs. 698-713).

El método propuesto primero emplea DRST para una característica efectiva extracción de señales de potencia. Luego, se usan los DAG-SVM para predecir las clases de perturbaciones PQ. El DRST no solo tiene mejor localización de frecuencia de tiempo y mayor robustez, pero también reduce la complejidad computacional sin perder la información útil de la señal original en comparación con la transformación S tradicional (Li J, Teng Z, Tang Q, & Song J, 2016, págs. 2302-2312).

La existencia de las perturbaciones de PQ afectan en gran medida las operaciones seguras y económicas de los sistemas de energía eléctrica. El análisis y estudio de los problemas existentes en los sistemas de energía es particularmente importante para la mejora de PQ. La detección y clasificación exactas de las perturbaciones PQ es una prioridad en esta dirección y puede también es compatible con la evaluación PQ (Lin T & Domijan A, 2016, págs. 2552-2562).

Sin embargo, las perturbaciones de PQ en los sistemas de energía generalmente son mezclado, como pandeo / hinchamiento con armónicos o transitorio con armonía; es decir, no solo debemos considerar uno de aspecto de la resolución tiempo-frecuencia. De hecho, dividimos el espectro tiempo-frecuencia de las perturbaciones PQ en dos partes y use diferentes λ_1 y λ_2 en estas dos partes para lograr la doble resolución (Tse N, Chan J, Lau W, & Lai L, 2017, págs. 3225-3233)

Luego, la muestra se mueve a SVM binario izquierdo o derecho del clasificador según el resultado de la clasificación y otros nodos de decisión siguen el mismo proceso de cálculo. Si la muestra se mueve hacia la derecha, la clase izquierda será eliminada en los siguientes niveles hasta el nodo hoja, que indica la clase predicha (Balcazar J, Gavalda R, & Siegelman H, 2017, págs. 1175 - 1183).

En el análisis realizado anteriormente, las señales sin ruido son preocupantes. Sería beneficioso evaluar el desempeño del algoritmo propuesto en presencia de ruido blanco aditivo. Además, en los sistemas de energía reales, a menudo es difícil mantener

su valor nominal Esto provocará el muestreo asincrónico de señales de potencia y afectan el reconocimiento de perturbaciones (Brown R, Lauzon M, & Frayne R, 2018, págs. 281-290).

En cuanto al reconocimiento de perturbaciones: “Por lo tanto, el nuevo método DRST, junto con DAG-SVM, tiene la ventaja en el reconocimiento de perturbaciones PQ en tiempo real

y se puede implementar fácilmente en un sistema integrado. Comparado con los algoritmos reportados por otros trabajos, la clasificación de los resultados indica que el método propuesto no solo tiene una precisión de clasificación satisfactoria sino también una mejor robustez. Finalmente, el experimento llevado a cabo bajo una plataforma de prueba de hardware muestra la viabilidad y efectividad del algoritmo propuesto en este documento (Hsu C & Lin C, 2017, págs. 415-425).

Sin embargo, hay muchos aspectos que deben considerarse dentro. Por ejemplo, aunque las selecciones de λ_1 y λ_2 muestran una buena precisión de extracción en nuestras pruebas reales, sería mejor para encontrar expresiones apropiadas o los valores más óptimos de $\lambda_{1,2}$. Además, el rendimiento dinámico del método propuesto, también merece un análisis profundo en nuestro trabajo futuro (He S, Li K, & Zhang M, 2018, págs. 2465-2475).

Las técnicas inteligentes artificiales utilizadas para el reconocimiento de patrones como artificiales, La red neuronal, la lógica difusa, la máquina de vectores de soporte se revisan en detalle. Las técnicas de optimización utilizadas para la selección óptima de características, como algoritmo genético, optimización de enjambre de partículas y optimización de colonias también se revisan (Khokhar, Mohd Zin, Mokhtar, & Pesaran , 2017, págs. 1650-1663).

La creciente aplicación de dispositivos de conmutación de estado sólido, cargas no lineales, rectificadores e inversores, controles de iluminación, computadora y procesamiento de datos, equipos de protección y retransmisión son también las causas de las perturbaciones PQ (Mohanty SR, Ray PK, Kishor N, & Panigrahi BK, 2018, págs. 44:764-777).

Las perturbaciones PQ se clasifican en términos generales en tres categorías a saber, las variaciones de magnitud, los transitorios repentinos y los armónicos en estado estacionario. Las variaciones de magnitud de voltaje / corriente como se ha observado hundimiento, hinchazón e interrupción en el sistema eléctrico, debido al inicio de fallas de línea y penetración de redes pesadas o cargas ligeras (Barros J, Diego RI, & de Apráiz M, 2018, págs. 88:130-6).

Por lo general, muchos investigadores en esta área han aplicado una de las renombradas técnicas de procesamiento de señales para extracción de características y completar el proceso de clasificación utilizando una técnica de inteligencia artificial como clasificador. Las técnicas de procesamiento de señal proporcionan algunas características redundantes que afectan la eficiencia de los clasificadores, Además, no hay discusión sobre cómo establecer los mejores parámetros para los clasificadores (Erişti H, Yildirim Ö, Erişti B, & Demir Y, 2018, págs. 49:95-103).

La clasificación de las perturbaciones PQ se basa sobre las aplicaciones de procesamiento de señales, inteligencia artificial y métodos de optimización. Las técnicas de vanguardia empleadas se discute el análisis de las perturbaciones PQ. Una extensa revisión sobre estas técnicas proporciona una perspectiva clara a los investigadores e ingenieros trabajando en los métodos de clasificación de los disturbios PQ (Fuchs E, Trajanoska B, Orhouzee S, & Renner H, 2018, págs. 1-7).

Cualquier cambio o desviación repentina manifestada en el voltaje, corriente o frecuencia de la clasificación normal se conoce como alteración de PQ que deriva en una anomalía o pérdida de desempeño del equipo de poder. Los principales aspectos de la investigación PQ implican conceptos básicos y definiciones, simulaciones y análisis, instrumentación y medición, causas, efectos y soluciones de disturbios PQ (Zhang F, Geng Z, & Yuan W, 2017, págs. 16:160-4).

La Transformada de Fourier (FT) es el algoritmo de computación más empleado para el estudio de estado estacionario de las señales mediante la extracción del espectro a frecuencias específicas. La señal para ser analizado puede representarse como una suma de constituyente sinusoides de diferentes frecuencias. El FT solo detecta la existencia de cierto componente de frecuencia en una señal sin ninguna información de la hora a la que aparece este componente de frecuencia (Pires V, Amaral T, & Martins J, 2018, págs. 38:11911-7).

La hipótesis propuesta para el desarrollo de esta investigación es: Con el análisis de la direccionalidad armónica se optimizará el funcionamiento de la Sub estación Chiclayo Oeste de 200/60 KV.

Siendo el objetivo general a lograr el siguiente: analizar la direccionalidad armónica para reducir sus efectos en la Sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV, teniendo como objetivos específicos para la presente investigación los siguientes:

- Determinar el estado operacional de la Sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV.
- Realizar el registro de los armónicos y su direccionalidad bajo diferentes condiciones de trabajo de la Sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV.
- Aplicar los métodos de análisis de armónicos para determinar sus efectos en la Sub Estación Chiclayo Oeste.
- Realizar una propuesta de mejoras para minimizar el efecto de los armónicos en la sub estación Chiclayo Oeste.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación.

No Experimental

“Se define como la investigación realizada sin manipular variables. O sea, se trata de la investigación en el cual no varía en forma intencional las variables independientes para ver el efecto sobre otras variables” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 93).

En la investigación se comenzó con la indagación documentaria de las variables que se va a estudiar y el estudio de la direccionalidad armónica para determinar su efecto en la sub estación, considerando la seguridad y la normatividad actual vigente.

Descriptiva

Esta investigación es de tipo descriptiva, ya que se analiza y explica el problema tal cual se muestra de manera natural sin ser manipulada por el investigador.

“Se describe a la interpretación concreta de la naturaleza o sociedad actual. Trabaja con realidades del fenómeno u objeto de estudio” (Gomez Bastar, 2012, pág. 67).

Estudio

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Dónde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

2.2 Operacionalización de Variables.

2.2.1 Variable Independiente. - Direccionalidad Armónica

2.2.2 Variable Dependiente. - Calidad de Energía

2.2.3 Operacionalización de las Variables.

Tabla 1. Esquema de operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Direccionalidad Armónica	La direccionalidad de las corrientes armónicas efecto producido por los armónicos que perturban la calidad de la energía que se brinda	Se realizará la medición de la direccionalidad de los armónicos y el impacto en la calidad de energía que suministra la sub estación Chiclayo Oeste.	THD de Tensión	%	Observación
			THD de Corriente	%	
			Potencia Armónica	KW	Revisión Documentaria
Variable Dependiente: Calidad de Energía	Es una expresión usada para establecer un modelo que obliga mantener el abastecimiento de energía eléctrica expresado en nivel voltaje, forma de onda, etc.	Se analizará los parámetros de la energía eléctrica que viene siendo abastecida por parte de la sub estación Chiclayo Oeste.	Voltaje	V	Observación
			Amperaje	A	
			Forma de Onda		

Fuente: elaboración propia.

2.3.1 Población y Muestra.

2.3.1 Población.

“Es el conjunto del universo, comprende a todos los miembros de un grupo donde suele ser costoso y demandar mucho tiempo la investigación” (Cruz del Castillo, Olivares Orozco, & Gonzáles García, 2014, pág. 34)

Los parámetros eléctricos en la Sub Estación Chiclayo Oeste

2.3.2 Muestra.

“Es una parte que representa del universo de estudio. La muestra es obtenida por diversos procedimientos que comprenden dos grandes grupos, del muestreo probabilístico y no probabilístico” (Baena Paz, 2017, pág. 131).

Los parámetros eléctricos en la Sub Estación Chiclayo Oeste

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Tabla 2. Cuadro para la recolección de datos

Técnicas	Uso	Instrumentos
Observación	Determinar las características de diferentes parámetros con que se abastece la energía eléctrica en la Sub Estación Chiclayo Oeste	Ficha de registro de calidad de energía
Revisión Documentaria	Indagación de datos técnicos y componentes estándar para los parámetros de calidad de energía.	Ficha de revisión documentaria

Fuente: elaboración propia.

2.4.1 Observación.

“La observación directa es donde el mismo investigador inicia la recopilación de información; sin dirigirse a los sujetos involucrados; acude directamente al sentido de observación” (Baena Paz, 2017, pág. 124).

A través de esta técnica se podrá caracterizar los valores de los parámetros eléctricos que la sub estación Chiclayo Oeste abastece de energía eléctrica a la ciudad, siendo la medición de la direccionalidad de los armónicos la principal variable a medir.

2.4.2 Revisión documentaria.

“Método para estudiar toda clase de comunicación de manera “objetiva” y ordenada, el cual enumera contenidos en categorías y subcategorías, y los sujeta a análisis estadístico” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 47).

Dicha técnica nos va a permitir la búsqueda de diferentes normativas de los parámetros eléctricos medidos en la sub estación para establecer indicadores de calidad, pudiendo de esta manera establecer comparaciones con el valor estándar.

2.4.3 Instrumentos de Recolección de Datos.

2.4.3.1 Ficha de registro de Calidad de Energía

Ésta ficha de registro de calidad de energía permitirá el registro de los diversos parámetros eléctricos en diferentes momentos del día para un control de estos y comparación con los valores estándar.

La ficha consta de dos partes, donde en la primera se coloca los datos en general de la medición, la fecha, hora, persona que ha realizado la medición, en la segunda parte se lleva el registro de todos los parámetros eléctricos que se deseen monitorizar para su posterior análisis.

2.4.3.2 Ficha de revisión documentaría.

“Por medio de una verificación documental, realiza cédulas de trabajo asignando como eje primordial el concepto, las características y las generalidades de las hipótesis” (Gomez Bastar, 2012, pág. 163).

La ficha de chequeo documentario nos va a facilitar tener un registro de los variados documentos que vamos a consultar para el control de los estándares de los parámetros eléctricos a medir, información técnica de la normatividad vigente, etc.

2.4.4 Confiabilidad.

“El grado de confiabilidad de un instrumento se mide de acuerdo al nivel en que su aplicación reiterada al mismo individuo u objeto crea resultados razonables y consecuentes” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 52).

La credibilidad estará otorgada por los profesionales que aprobaran los instrumentos, si se solicita la corrección conforme a sus requisitos se cederá énfasis a sus apreciaciones. Este proyecto poseerá entereza de la autenticidad de los resultados adquiridos.

2.5 Métodos de Análisis de Datos.

El análisis estadístico es apto para definir la existencia de una relación dentro de las variables, asimismo por medio de la estadística descriptiva asignado a las variables de estudio, tabulando los datos y evaluando factores comunes, los cuales van a servir de parámetros de entrada para la optimización de la calidad de la energía eléctrica a través del control de los parámetros eléctricos.

2.6 Aspectos Éticos.

Como investigadores nos comprometemos a respetar las creaciones literarias, la veracidad de los datos que fueron proporcionados por la empresa y la autenticidad de los resultados y en la investigación que se presenta, el planteamiento de la máquina propuesto no sostiene ningún efecto negativo en cuanto a la sociedad, sino más bien, es un beneficio para ella.

III. RESULTADOS.

3.1 Determinar el estado operacional de la sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV.

Descripción general de la sub estación

Subestación Chiclayo Oeste

El Sistema interconectado Nacional, tanto en nivel de rango de tensión de 220 KV, y últimamente en 500 KV, se realiza a través de las correspondientes líneas Trasmisión y las correspondientes sub – estaciones de transformación, las cuales tienen como uno de sus fines el mantener las condiciones de calidad del servicio y producto eléctrico, es decir estabilidad de tensión , amperaje y no presencia de perturbaciones armónicos de tercera, quinta, séptima, novena, undécima orden, la subestación Chiclayo Oeste, que es la interconecta al sistema eléctrico de Chiclayo con el sistema nacional, se encuentra ubicada al noroeste del Perú, en la Calle Miguel A. Bartra No. 500, distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento de Lambayeque. Esta subestación es del modelo exterior convencional. Posee un patio de llaves en 220 KV y otro en 60 KV, ambos en configuración de doble barra más celda de acople. El diagrama unifilar de la subestación se presenta en el siguiente plano:

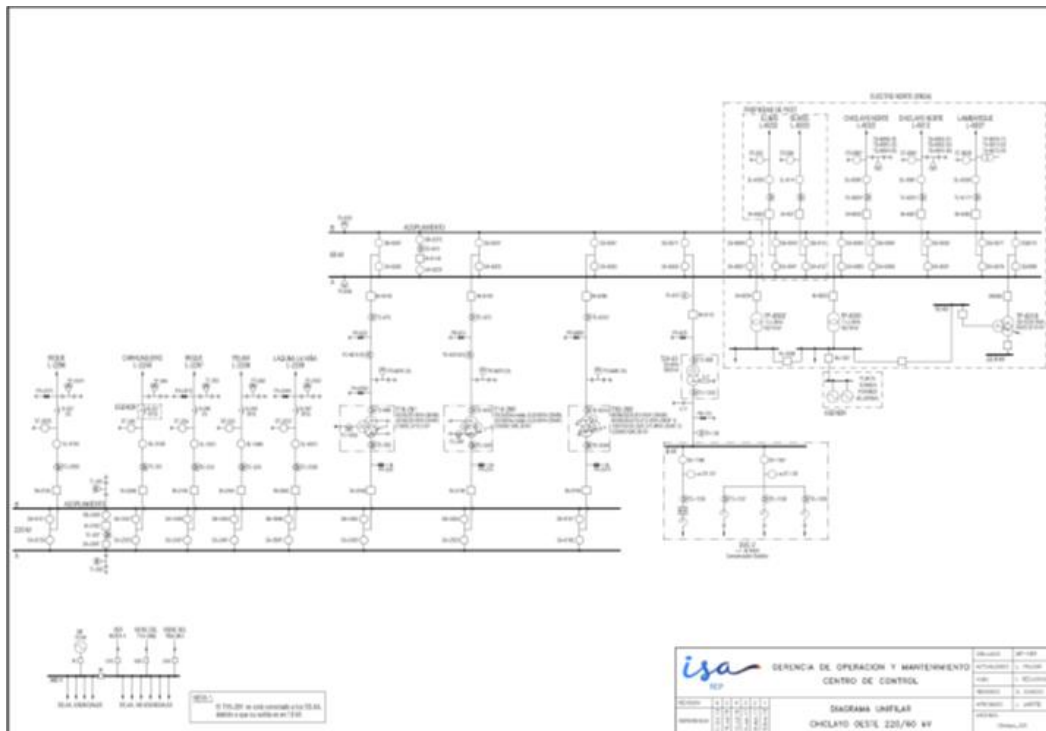


Figura 7. Diagrama unifilar – Chiclayo Oeste.

Y cuya distribución la ampliamos con la foto aérea adjunta, en donde se nota la existencia de dos áreas bien definidas, las del rango de 220 KV y las del rango de 60 KV.



Figura 8. Foto aérea de Chiclayo Oeste.

La subestación Chiclayo Oeste del lado de 220 KV está compuesto por cinco (9) celdas 220 KV, de las cuales tres (3) corresponden a celdas de transformación, cinco (5) corresponden a celdas de línea y uno (01) a celda de acoplamiento, los cuales se detalla a continuación:

L.T. a 220 KV hacia la sub estación Carhuaquero (L-2240).

L.T. a 220 KV hacia la sub estación Reque (L-2296).

L.T. a 220 KV hacia la sub estación Reque (L-2297).

L.T. a 220 KV hacia la sub estación FELAM (L-2238).

L.T. a 220 KV hacia la sub estación Laguna La Niña (L-2239).

Celda de acoplamiento a 220 KV.

Celda de transformación con un transformador de 50/50/dev. Asld/0,25 MVA, 220/60/10/0,38 KV (T14-260).

Celda de transformación con un transformador de 50/50/30 MVA, 210/62.3/10,38 KV (T16-261).

Celda de transformación con un transformador de 100/100/33.33/0.315 MVA, 220/60/10/0,38 KV (T93-260).

La sub estación Chiclayo Oeste del lado de 60 KV está compuesto por trece (13) celdas 60 KV, de las cuales tres (3) corresponden a celdas de transformación, cinco (5) corresponden

a celdas de línea de terceros, tres (03) a celdas de transformación de terceros, una (01) celda de compensación reactiva y una (01) celda de acoplamiento, los cuales se detalla a continuación:

Celda de transformación con un transformador de 50/50/dev. Asld/0,25 MVA, 220/60/10/0,38 KV (T14-260).

Celda de transformación con un transformador de 50/50/30 MVA, 210/62.3/10,38 KV (T16-261).

Celda de transformación con un transformador de 100/100/33.33/0.315 MVA, 220/60/10/0,38 KV (T93-260).

L.T. a 60 KV hacia la sub estación Illimo (L-6032) de propiedad de PEOT.

L.T. a 60 KV hacia la sub estación Olmos (L-6033) de propiedad de PEOT.

L.T. a 60 KV hacia la sub estación Chiclayo Norte (L-6012) de propiedad de ENSA.

L.T. a 60 KV hacia la sub estación Chiclayo Norte (L-6022) de propiedad de ENSA.

L.T. a 60 KV hacia la sub estación Lambayeque (L-6037) de propiedad de ENSA.

Bahía de transformación con un transformador de 17.5 MVA, 60/10 KV (TP-6002) de propiedad de ENSA.

Bahía de transformación con un transformador de 17.5 MVA, 60/10 KV (TP-6002) de propiedad de ENSA.

Bahía de transformación con un transformador de 30/16/20 MVA, 60/22.9/10 KV (TP-6018) de propiedad de ENSA.

Bahía de compensación reactiva con un compensador estático de +/- 30 MVAR (SVC-2)

Celda de acoplamiento a 60 KV.

Conceptos básicos.

Para continuar, presentamos una lista de términos más empleados referente al control de subestaciones de potencia:

Sub estación eléctrica.

Se determina como el grupo de equipos eléctricos usados con el fin de guiar y disponer el flujo de energía eléctrica dentro del esquema de potencia usando dispositivos de operación en el mando, protección, medición y transformación teniendo como objetivo de asegurar su seguridad.

Sala de control.

Lugar donde se encuentran los equipos que necesitan ser preservados de los factores climáticos, tales como instrumentos de medición, indicación, maniobra, protección y servicios auxiliares de la subestación.

En la subestación Chiclayo Oeste 220/60 KV se tiene un edificio de control, en el cual se encuentran los gabinetes de control, protección, medida y servicios auxiliares asociados con los campos de línea, transformación y acople. Adicionalmente, allí se encuentra instalado un gabinete para la protección diferencial de barras.

Patio de llaves.

Área física en la cual están instalados los diferentes equipos de alta tensión de una subestación eléctrica, tales como interruptores, seccionadores, transformadores de instrumentación para medida y protección, pararrayos, trampas de onda, barras, estructuras de soporte de los equipos, pórticos de barraje y de llegada de línea.

En el patio de conexiones se tienen gabinetes de agrupamiento donde se recogen todas las señales de los equipos de patio, señales de control, alimentación y distribución AC y DC, señales de corriente y tensión, etc., asociadas a cada uno de los campos de la subestación.

Configuración de la sub estación.

Es el arreglo de los equipos electromecánicos constitutivos de un patio de conexiones. La subestación Chiclayo Oeste tiene un diseño de doble barra.

Campo o celda de conexión.

Es el grupo de conexiones y aparatos que unen eléctricamente un circuito, un transformador de potencia, un reactor o un acoplamiento de barras a un barraje común.

La subestación Chiclayo Oeste 220/60 KV posee una configuración de doble barra. Un campo comprende, dos seccionadores uno para conexión a la barra "A" y el otro para conexión a la barra "B", un interruptor, un seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra, un transformador de corriente para el corte, un pararrayos y un transformador de potencial.

Circuito.

Unión entre dos subestaciones compuesta por tres conductores o haces que conforman una conexión trifásica. Generalmente, los circuitos se encuentran acompañados por un cable de guarda para protección y control de las descargas atmosféricas directas.

Dispositivos de operación.

Tenemos a los seccionadores de línea y barra, los interruptores de potencia las cuales muestran la variación de la circunstancia operativa para cerrar a abrir y a la inversa en un circuito.

Interruptor de potencia.

Equipo eléctrico que tiene la facultad de impedir o fijar la circulación de la corriente eléctrica dentro de un circuito, en situaciones normales de operación (máxima carga o en vacío) o condiciones de falla (cortocircuitos).

El interruptor puede ser maniobrado de forma manual o a través de una señal que la emite un dispositivo auxiliar (relé) el cual se encarga de inspeccionar la operación correcta del circuito eléctrico donde se encuentra instalado funcionando.

En la sub estación Chiclayo Oeste los interruptores a 220 kV utilizan el SF₆ como medio de extinción del arco y su mecanismo de operación es el sistema de resortes.

Seccionador.

Equipo que aparta el interruptor para el proceso de trabajos de mantenimiento y/o operación. Este equipo no está en la disposición de cortar o dar corriente, excepto sea un caso especial de disposición. Para elegir el modelo de seccionador a usar nos basamos en la función a desempeñar y las propiedades del sistema, también del modelo de montaje que dispondrá el seccionador (utilización exterior o interior).

Características de tipo térmico y eléctrico del sistema, como capacidad de conducción de corrientes nominales y de cortocircuito y resistencia a esfuerzos dieléctricos, así como características del tipo mecánico, como esfuerzos debidos al viento y a corrientes de cortocircuito, son aspectos que son considerados al momento de seleccionar un seccionador para una aplicación específica.

Los seccionadores responden a diferentes tipos constructivos de acuerdo con las necesidades de operación, niveles de tensión, área disponible, etc., con lo cual es posible encontrar

seccionadores de apertura lateral, central o vertical, de doble apertura y los del tipo pantógrafo o semipantógrafo, donde se economiza en área y los polos son ubicados de forma independiente.

En la subestación Chiclayo Oeste 220/60 KV, los seccionadores son de apertura central con mecanismo de operación eléctrico y manual.

Transformadores de medida.

En un esquema de medición, supervisión y protección utilizamos estos equipos, mediante acople inductivo realizan la medición, las variaciones de la condición de los indicadores de tensión y corriente.

Este transformador de medida tiene la finalidad de disminuir los valores tanto de corriente y tensión llamados de valores primarios a otros de bajo valor por lo cual son manipulables mirándolo desde la parte eléctrica, calificados como valores secundarios, el cual resulta un procedimiento más sencillo, adecuado y económico el cual encaminamos estos parámetros a los referidos equipos de protección y medición.

Los componen diferentes núcleos al transformador de medida, los cuales tienen una particularidad especial, y son usados conforme al modelo de equipo con el que finalmente irán a conectarse dispositivos de protección, medición, etc.

Puesta a tierra.

Para la operación del sistema interconectado, se ha visto necesario aclarar los siguientes términos utilizados en el presente manual.

Seccionador de puesta a tierra.

Es el equipo integrante de la sub estación, que, mediante la operación manual, permite enlazar a la malla de tierra, en un punto fijo, una instalación o parte de ella (línea o transformador) para mantenimiento. También es llamado cuchilla de puesta a tierra.

Puesta a tierra temporales

Son equipos conformados por cables y conectores que, con la ayuda de una pértiga, facilitan la conexión de un equipo en cualquier punto de la red con la malla de puesta tierra, con el fin de permitir labores de mantenimiento en los equipos de patio.

Instalación sin puesta a tierra.

Lo cual quiere decir que la instalación está totalmente privada de conexiones a tierra. El cual garantiza que una instalación está sin puesta a tierra, la persona que certifique tal hecho deberá verificar, hasta donde sea factible en forma directa, que verdaderamente todas las puestas a tierra se hayan retirado.

Pararrayos.

Dispositivo utilizado para impedir que las sobretensiones del sistema de potencia afecten la integridad de las personas y los equipos al interior de la subestación eléctrica.

Tensión nominal.

Tensión con la cual se diseña el sistema o equipo. La tensión nominal en la subestación Chiclayo Oeste es de 220/60 KV en la sub estación doble barra.

Tensión de servicio.

Es la tensión en un punto del sistema en un momento cualquiera. La tensión de servicio en cada caso tendrá variaciones de acuerdo con los criterios de regulación definidos por la empresa suministradora del servicio de energía y con el comportamiento de la carga durante los periodos de mínima y máxima demanda.

Zona de protección.

Indica el área de cubrimiento de un relé de protección en una línea de transmisión de energía. Una zona de protección está caracterizada por unos valores específicos de impedancia de línea a proteger y de tiempo de operación del relé. La zona de protección de un relé diferencial de un transformador comprende generalmente el área de los diferentes devanados del equipo delimitada por los transformadores de corriente de cada nivel de tensión.

Relé de protección.

Dispositivo electrónico que detecta fallas y/o anomalías en la red eléctrica con tiempos de operación muy reducidos, técnicamente debe ser el menor tiempo posible con el objeto de que la corriente de falla y/o el arco eléctrico que se forme durante la misma no pueda dañar gravemente equipos y/o la instalación y así no comprometer la estabilidad de la red eléctrica.

Su función es detectar rápidamente las fallas eléctricas y ordenar la apertura del interruptor asociado, el cual interrumpirá la corriente que fluye dentro del elemento a proteger.

S.O.E.

Esta sigla significa “Secuencia de Eventos” (Sequence Of Events), y consiste en un documento digital o impreso en el cual se registra el orden cronológico del cambio de estado de interruptores y de alarmas de relés durante un período de tiempo determinado o durante la ocurrencia de una falla. Esto con el fin de obtener herramientas para ejecutar un análisis posterior de la falla.

Bitácora.

Es el documento en el cual se registran los principales eventos que suceden durante la operación de un sistema. En la bitácora de una subestación es importante consignar la fecha, la hora, el evento, las alarmas activadas, las instrucciones recibidas y las acciones ejecutadas. Por tanto, las anotaciones o registros deben realizarse en un documento foliado y con un instrumento de escritura que no permita su borrado. Toda esta información permitirá analizar la secuencia de los eventos y sus posibles causas.

Ingeniero de operaciones.

El ingeniero de operaciones es la persona responsable por la ejecución y supervisión de las maniobras requeridas en la subestación en condiciones normales de operación o bajo cualquier tipo de contingencia en el sistema, siempre en coordinación con el Centro de Control Regional.

Operador.

Es la persona que ejecuta las maniobras requeridas en la subestación, generalmente en coordinación con el ingeniero de operaciones y el Centro de Control Regional. Además, es aquella persona que mantiene actualizada la bitácora de la sub estación.

Centro de Control Regional (C.C.R.).

Corresponde al lugar desde el cual se realiza el control y la supervisión del sistema de transmisión de energía, se coordinan las diferentes maniobras sobre los equipos de patio con otros Centros de Control Regional u operadores, y se programan las consignaciones para las

labores de mantenimiento que sean requeridas sobre los diferentes elementos en la subestación. Desde este Centro de Control Regional se tiene acceso remoto al controlador general de la subestación quien se comunica con las unidades controlador de bahía de cada campo de línea o campo de transformación de la sub estación.

Ante contingencias de falla, operación errónea de equipos de control y protección o la aparición de señales de alarma, este Centro de Control Regional ofrece apoyo y asesoría al operador de la sub estación en la interpretación de los eventos y en los procedimientos a seguir para la normalización del sistema (reposición de relés o interruptores de polaridad, apertura o cierre de equipos de patio, transferencia o consignación de campos, etc.).

Medidor de energía.

Dispositivo que tiene como principal función la de medir los parámetros de energía en una red eléctrica. Los parámetros principales son: corriente (A), tensión (V), factor de potencia (fp), potencia aparente (VA), potencia activa (W) y potencia reactiva (VAr). Estos valores medidos durante periodos de tiempo determinado son almacenados por estos equipos para ser procesados por el usuario.

Para el caso de las bahías de línea de la subestación Chiclayo Oeste, se cuenta con un medidor de energía de marca Schneider, modelo ION 7650.

Los medidores ION 7650 ofrecen funcionalidad que incluyen análisis progresistas de la calidad de energía aunados con la precisión de facturación, diferentes opciones de comunicación, compatibilidad con la web y capacidades de control.

Los medidores incluyen una amplia selección de pantalla de datos preconfigurados y medidas las cuales permiten ser utilizados en seguida como predeterminadas o puede adaptarlos a sus necesidades específicas.

Red de protecciones.

La red de protecciones de la subestación tiene por objeto conectar las protecciones de tal forma que localmente o desde el sistema de diagnóstico y parametrización de protecciones, se tenga acceso a las siguientes funciones:

Supervisión de los relés de protección.

Ajuste de los relés de protección:

- Programación de parámetros.
- Asignación de contactos de entrada y salida.

- Asignación de despliegues en la pantalla del relé.
- Programación de la lógica de disparos.
- Asignación de esquemas de protección.
- Asignación de parámetros de puertos de comunicación.
- Auto supervisión y diagnóstico.
- Reportes.
- Almacenamiento de información.
- Análisis de fallas.
- Códigos de seguridad.

Los equipos de medida son utilizados para adquirir los datos de corrientes, tensiones, potencia activa, reactiva y mediciones de energía activa y reactiva y llevar esta información para dar indicación en los despliegues de cada circuito en el computador de operación.

Todas las transferencias de datos entre el contador, relés, controlador de bahía, equipo de onda portadora digital y registrador de fallas, se realiza en conexión directa al software propietario de cada equipo a instalar en la Estación de Gestión, empleando la plataforma Ethernet de la red LAN.

El contador de energía y registrador de falla, se comunican al software de gestión propietario, en protocolos ION y ASCII BINARIO respectivamente, sobre la plataforma TCP/IP.

Para la extracción de los archivos de carga (profile) del contador de energía se emplea la plataforma ION ENTERPRISE y para su configuración se emplea la plataforma ION SETUP. Se instalará la licencia ION SETUP en el PC de Gestión de la subestación, así como la licencia ION ENTERPRISE en la estación de operación remota de gestión en San Juan ampliándola al número de equipos a incorporar.

Para la extracción de ondas oscilo perturbo gráficas y ajuste del registrador de fallas ROCHESTER, se emplea la plataforma DISPLAY STATION. Se emplea la licencia corporativa para la inclusión en la Estación de Gestión Local, ampliándola al número de equipos a incorporar.

La gestión de los controladores de bahía y relés de protección para la extracción de las ondas oscilo perturbo gráficas y el ajuste de los settings es empleada por medio del protocolo FTP, desde el software de gestión SEL5030. Este mismo software posee una herramienta de visualización para la revisión de los archivos de falla.

La gestión de los equipos de onda portadora digital es implementada bajo un WEB SERVER embebido en el equipo con el cual será posible acceder el ajuste y revisar las condiciones del

enlace. Será posible la extracción empleando por tanto un equipo convencional PC con Windows y con un paquete WEB BROWSER como Internet Explorer.

Instalación en servicio.

Es cuando una planta eléctrica esta energizada el cual está en posición de transportar energía.

Instalación fuera de servicio.

Se le llama de esta manera a una conexión la cual no se encuentra operando, entonces no está con energía, que puede ser por los subsecuentes motivos:

Puede ser que alguna parte se encuentran deteriorados.

Puede ser trabajos de mantenimiento.

Puede ser por exigencia de maniobra.

Instalación disponible.

Es una instalación que está fuera de servicio, pero que en cualquier momento es posible conectarla al sistema de potencia con la autorización del Centro de Control Regional de Energía.

Instalación indisponible.

Es una instalación que está fuera de servicio, por daño o por cualquier otra circunstancia que le imposibilite cumplir con su función, el Centro de Control Regional y/o la empresa propietaria es quien hace el requerimiento oficial para que entre en servicio.

Para efectuar cualquier labor en una instalación indisponible, se necesita dar cumplimiento a todas las formalidades de los permisos para trabajar.

Instalación indisponible por consignación.

Es una instalación que está indisponible bajo consignación, cuando se ha sacado fuera de servicio para someterla a revisión, reparación o mantenimiento, ya sea predictivo, preventivo, correctivo o que quede indisponible para operación. Las instalaciones bajo consignación están a cargo del Ingeniero Supervisor o jefe de trabajos, el cual la persona autorizada para devolver a servicio las instalaciones consignadas.

De acuerdo con el código de seguridad del sector eléctrico, existen los siguientes ejemplos de consignaciones:

Consignación normal: mientras el equipo, instalación o línea determinada sea retirada del funcionamiento o servicio, sin probabilidad de ser operado durante el tiempo que dure la consignación. Esta consignación se identifica con una etiqueta de color rojo.

Consignación especial: mientras el equipo, instalación o línea determinada necesita ser operada dentro del tiempo de consignación con el fin de realizar pruebas. Estas pueden ser efectuadas bajo normas de seguridad específicas y a responsabilidad del supervisor de Trabajo. Esta consignación se identifica con una etiqueta de color amarillo.

Consignación para equipos energizados: mientras se realice mantenimiento o trabajos en equipos, instalaciones o líneas energizadas (vivo o caliente). Esta consignación se identifica con una etiqueta de color naranja.

Circuito bajo tensión en vacío.

Es un circuito que está bajo tensión sólo en uno de sus extremos ya que, en la subestación adyacente, el interruptor y los seccionadores de línea se encuentra en posición abierto. En esta condición se dice que el circuito está operando como condensador.

Diagrama de operación.

Son los planos, que, en un esquema unifilar, muestran la ubicación eléctrica de los equipos instalados en una Subestación. En estos diagramas se incluyen la nomenclatura operativa de los equipos componentes de un campo o derivación.

Maniobra.

Son todas las actividades realizadas para la conexión, desconexión, transferencia y prueba de los equipos de maniobra y protección. Básicamente corresponde a órdenes de apertura o cierre de los equipos de alta tensión.

Programa de maniobras

Es el orden en que se deben efectuar las maniobras de abrir o cerrar los diferentes equipos de tal manera que no afecte la operatividad de éste y del sistema eléctrico. Las maniobras a ser ejecutadas en los campos de la subestación Chiclayo 220 KV se presentan en el numeral 7 de un documento y responden a las operaciones básicas de conexión y desconexión del nuevo campo de línea de acuerdo a la configuración de la sub estación.

Orden de maniobra.

Es la orden que emite el supervisor u operador del Centro de Control, para efectuar cualquier maniobra en el sistema eléctrico. Las órdenes de maniobra emitidas por el centro de control deben ser confirmadas en todo momento por el operador de la subestación antes de proceder a ejecutarlas, máximo cuando el ingeniero de operaciones se encuentre ausente por alguna razón.

Preparar una bahía.

Cuando el Centro de Control solicita al operador de una sub estación o a una empresa socia que prepare una bahía, el operador debe cerrar los seccionadores correspondientes. La Bahía está preparada, cuando se han cerrado los seccionadores, permaneciendo abierto solamente el interruptor asociado.

Pasos de preparación de la bahía.

Cuando el Centro de Control solicita al operador de una sub estación o a una empresa socia que prepare una bahía, el operador debe:

Constatar que el seccionador de puesta a tierra correspondiente esté abierto

Estando absolutamente seguro de lo anterior, proceder a cerrar los seccionadores de barra y de línea correspondientes.

El campo está preparado, cuando se ha desconectado el seccionador de puesta a tierra y se han cerrado los seccionadores, permaneciendo abierto únicamente el interruptor asociado a la celda.

Energizar un circuito.

Se llamará energizar un circuito, a la puesta bajo tensión de éste desde uno de sus extremos.

Para energizar un circuito se necesita que se ejecuten estas condiciones:

1. Que los seccionadores de puesta a tierra en ambos extremos estén abiertos.
2. Que el seccionador de línea esté cerrado.
3. Que el seccionador de barra "A" esté cerrado.
4. Que el interruptor del circuito esté abierto.
5. Que el interruptor se encuentre disponible, es decir, no existan alarmas relacionadas.

con este elemento que impidan la puesta en operación del interruptor y que no haya protecciones actuadas.

Sólo cuando se compruebe el cumplimiento de las anteriores condiciones, se podrá proceder a la energización del circuito.

Sincronizar un circuito.

La sincronización de un circuito consiste en el acople eléctrico de dos sistemas diferentes, previa verificación de los umbrales máximos predefinidos de diferencia angular, deslizamiento y diferencia en la tensión de fases, con el fin de dar comando de cierre a un interruptor que conecte los dos sistemas.

Sistema de control.

La subestación Chiclayo Oeste 220/60 KV dispone de 5 tableros de control convencional a través de los cuales controlan los elementos de la subestación tales como interruptores, seccionadores y cuchillas de puesta a tierra, la línea Laguna la Niña posee un controlador de bahía el cual concentra las señales de control para realizar el mando de los equipos de patio de esta bahía y a su vez el control local remoto hacia el nivel de control 2 o C.C.R., esta bahía también incluye un selector de normal y respaldo el cual me permite darle mando al interruptor desde un pulsador en caso de averías en el controlador de bahía.

La sub estación tiene cuatro niveles jerárquicos de operación, teniendo prelación el nivel inferior sobre el superior. Los niveles jerárquicos de operación son los siguientes:

Nivel 0 - Control local.

Corresponde al mando que se ejecuta desde el mecanismo de operación de los interruptores y seccionadores en el gabinete propio de cada equipo. En los mecanismos de operación se dispone de un conmutador con los modos de operación local/remoto. En el modo de operación local la maniobra será efectuada al nivel del interruptor, del seccionador o del seccionador de puesta a tierra. En el modo de operación remoto la maniobra podrá ser efectuada desde la unidad de adquisición de datos asociada (Controlador de bahía, -C.B.) o desde el mímico convencional y desde el C.C.R. por medio del SCADA de la sub estación. Este nivel 0 – control local, se utiliza únicamente para labores de mantenimiento o de emergencia, y presenta las siguientes condiciones especiales para su operación:

Los interruptores están enclavados con la posición abierta de los seccionadores de la bahía asociados.

La operación de los equipos desde este nivel de control debe ser autorizada y supervisada por el ingeniero responsable de los trabajos, previa coordinación con el Centro de Control Regional (CCR).

Nivel 1 - Control mímico.

Cada una de las unidades de adquisición (Controlador de bahía) tiene su propio conmutador local/remoto, en el caso del mímico convencional el conmutador local/remoto está ubicado en el gabinete de control CA.7 y a su vez el mando de cada uno de los equipos depende de un selector tipo llave ubicado en cada uno de los gabinetes de control. Los interruptores y seccionadores asociados a cada controlador de bahía podrán ser manejados desde el mímico del controlador o desde el mímico convencional según sea el caso. En modo local la maniobra será realizada con el mímico del controlador de bahía o mímico convencional según el caso, en modo remoto la maniobra será efectuada desde el C.C.R. por medio de la R.T.U. de la subestación.

Nivel 2 – Control remoto.

El nivel 2 es controlado a través de la R.T.U. ABB a la cual se le incorporan todas las señales de la subestación por medio de control cableado como alarmas, posiciones de equipos de patio, termomagnético etc. Y también de por el protocolo de comunicación IEC61850

La información obtenida de la unidad de adquisición de datos a la R.T.U. y este se encarga de enviar la información al C.C.R. y así permitir la supervisión y operación de la sub estación.

Nivel 3 - Centro de control regional

Corresponde al mando desde el sistema SCADA del Centro de Control Regional (C.C.R.) de ISA – REP. El mando desde el C.C.R. se selecciona ubicando el selector manual local remoto en la posición de C.C.R.

Este modo es seleccionado por defecto cuando los niveles 0, 1 y 2 se encuentran en remoto. Permite la supervisión y la operación de la subestación desde el C.C.R., vía protocolo de comunicación el cual está configurado en la R.T.U. de la subestación. Debe tenerse en cuenta que independientemente del modo de operación que posea la subestación, la información que requiere el centro de control siempre está disponible.

Estas instalaciones, son las que se dispone para abastecer, la demanda eléctrica del sistema eléctrico de Chiclayo, de acuerdo con las siguientes proyecciones:

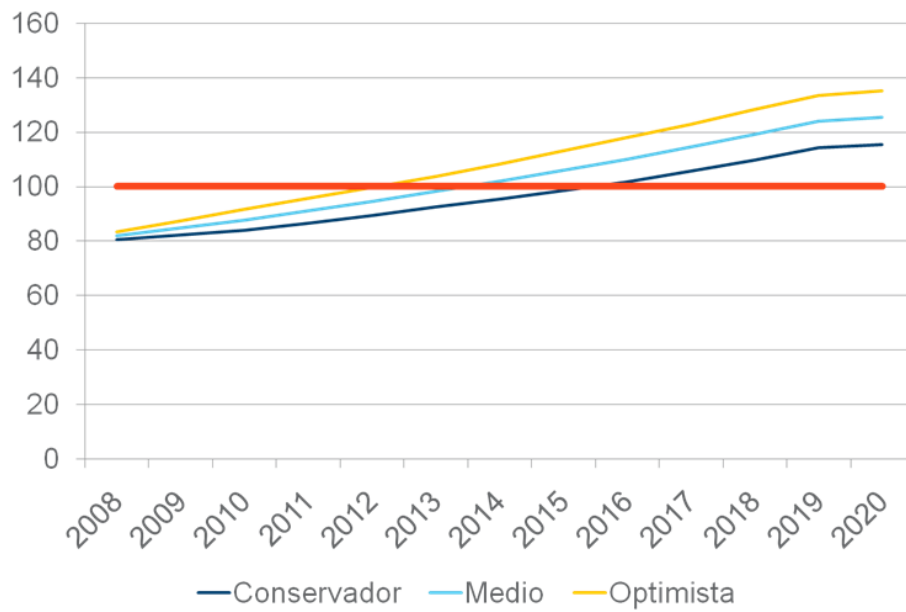


Figura 9. Variaciones de parámetros eléctricos.

Elaborados bajo el siguiente esquema lógico:

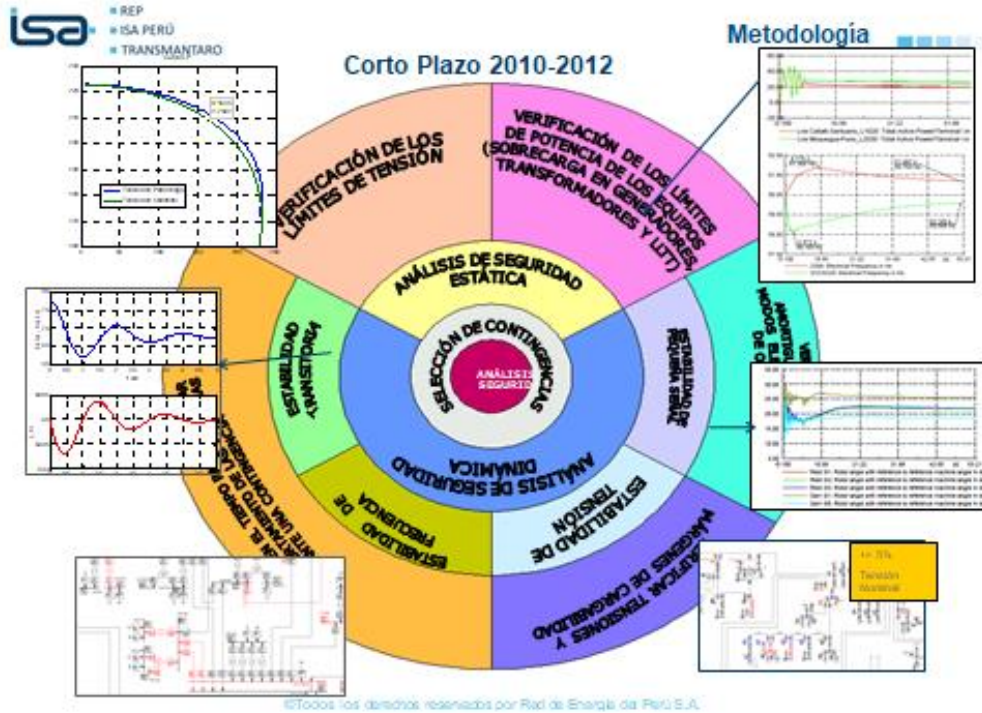


Figura 10. Esquema lógico para la elaboración del plan a mediano plazo.

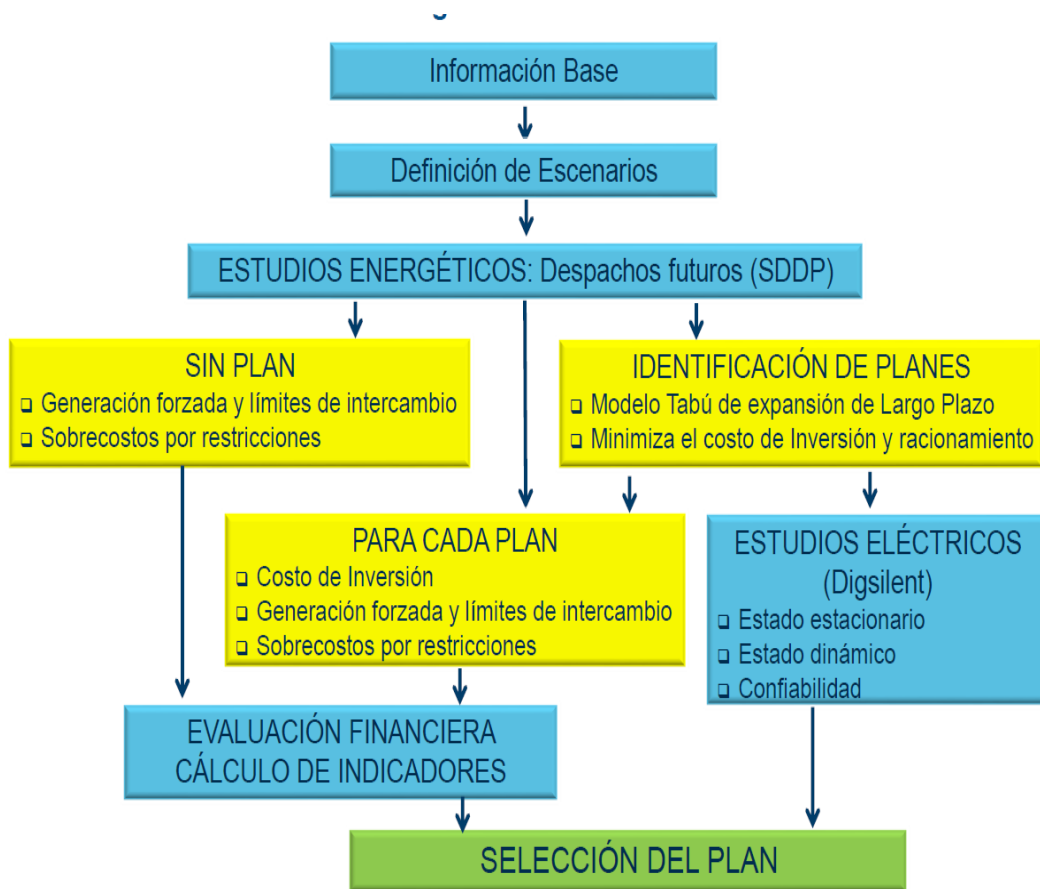


Figura 11. Plan de medio plazo 2019 – 2024.

3.2 Realizar el registro de los armónicos y su direccionalidad bajo diferentes condiciones de trabajo de la sub estación Chiclayo Oeste de 220 KV.

Se ha procedido a un registro y análisis de los principales armónicos (tercer, quinto, séptimo, noveno y décimo primer armónico), en un periodo de tres meses, tanto en horas punta, como en horas fuera de punta, día de semana, día de fin de semana (sábado y domingo), feriados y demás días atípico con el uso de los instrumentos para medición de armónicos de diseño más reciente. Los diseños más recientes radican en analizadores digitales que patentan factores armónicos con frecuencias incluso de 50 veces de la frecuencia fundamental (tres mil Hz, hasta el armónico de onda 60). Muestran siete (7) canales de ingreso que son: 3 de corrientes de línea, 3 de voltajes de línea y 1 canal de voltaje para propósito general.

Estos registros son otorgados usualmente como tablas de datos y formas de onda (en este estudio utilizaremos las tablas de datos), estos incorporan el dato siguiente:

Tabla resumen con parámetros de los 6 canales (3 corrientes I_1 , I_2 , I_3) y (3 voltajes V_1 , V_2 , V_3) documentados. El valor THD son estos indicadores.

Los 6 canales y la corriente del neutro, se presenta en cuadros de entrega espectral en magnitudes por armónico.

Los 6 canales y la corriente del neutro, se presenta en cuadros de entrega espectral en ángulo de fase por armónico.

Todos los 6 canales contienen su imagen de onda.

Todos los 6 canales contienen el espectro de frecuencia.

Usualmente las categorías de operación para los canales de corriente y voltaje son 5 a 15 A y de 0 a 750 VAC, correspondientemente. Para realizar mediciones en puntos de alto voltaje, 1 kV o mayores, se necesita del uso de transformadores de potencial y de corriente. En las cuales tiene que brindarse atención al hecho que los transformadores de potencial pueden variar su relación de transformación a frecuencias superiores a la fundamental.

Dicha variación logra incorporar errores en la medición. Los transformadores de potencial inductivos poseen una reacción de frecuencia por poco plana hasta frecuencia entre 700 y 1000 Hz, en tanto que los TP modelo capacitivo tiene una respuesta frecuencia totalmente irregular para frecuencias superiores a 60 Hz, por lo que estos transformadores consiguen aumentar u ocultar los armónicos de la onda bajo medición. Sabiendo que la respuesta de frecuencia del transformador de potencial modelo inductivo este puede efectuar medidas confiables de armónicos hasta la 15^{va}, sin ser atenuadas o amplificadas las componentes armónicas. El cual no surge una limitación ya que los armónicos predominantes en sistemas

de potencia son del orden de 11^{va} o inferiores. Para diversos impactos como interferencia telefónica. Por lo que se necesita medir radiofrecuencia, no es idóneo un TP con una respuesta de frecuencia muy estrecha.

Los transformadores de corriente poseen una respuesta de frecuencia prácticamente plana hasta aproximadamente 5 KHz. Por lo cual la condición no es de cuidado al usar los TC. En cada punto de medición se anotaron los voltajes de fase, V_{an} , V_{bn} , V_{cn} y las corrientes de línea I_a e I_b . La corriente I_c no se encontraba accesible, por lo tanto, el canal para la corriente de neutro I-N, reconoció un valor tan alto. Las señales de voltaje y corriente se adquirieron del bloque de prueba del punto de facturación del usuario a 60 KV. El bloque de prueba es suministrado por TP's y TC's con claridad de medida y proveen un procedimiento seguro para cortocircuitar los TC's y enlazar los devanados de corriente del registrador. El dispositivo de medición está vinculado con la minicomputadora o computadora portátil que se adapta a través de la vinculación USB. Esto facilita que se procese el programa en el microcomputador, archive en medio magnético la información anotada por el analizador y a la vez desarrolle en pantalla las formas de onda de las señales analizadas. Siempre que se efectúa un registro, los datos pertenecientes son guardados en un disco blando bajo un archivo con nombre el cual lo da el operario, pero con hora y fecha de registro asignados claramente por el software. Los archivos de los registros son más adelante editados para la preparación del informe.

Se analiza en un día particular, durante 24 horas, las medidas de la distorsión armónica total tanto en disposición estrella, como en disposición triangulo como paso previo al cálculo de los filtros tanto capacitivos como inductivos, como medida de mejorar la calidad del producto eléctrico y cumplir con lo dispuesto en la ley de calidad del sistema eléctrico, se hace el análisis tanto a nivel fasoriales, como a nivel ondular:

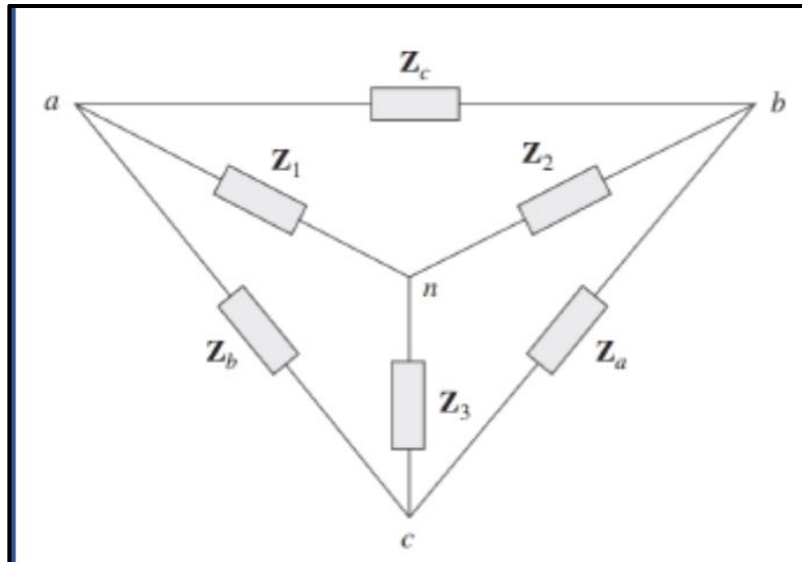


Figura 12. Transformación de fasores de distorsiones armónicas totales.

Con los valores determinados por las siguientes formulas:

$$\begin{aligned}
 Z_a &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}{Z_1} \\
 Z_b &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}{Z_2} \\
 Z_c &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}{Z_3}
 \end{aligned}$$

Lo cual determina para el día típico uno, la siguiente tabla de datos fasoriales de las distorsiones armónicas totales.

Tabla 3. Tabla de distorsiones armónicas totales de un día típico – tanto a nivel delta como a nivel estrella

PUNTO	I1 THD high	I2 THD high	I3 THD high	I1* high	I2* high	I3* high
1	2.376327	2.832456	2.290256	7.852575	6.588023	8.147688
2	2.523250	3.011287	2.474385	8.438644	7.070999	8.605291
3	2.741282	3.267331	2.749048	9.292965	7.796772	9.266713
4	2.805406	3.391791	2.840141	9.665718	7.994675	9.547505
5	1.753676	2.082190	1.634848	5.658140	4.765435	6.069399
6	1.771002	2.133273	1.654916	5.781629	4.799797	6.187188
7	1.874188	2.191565	1.731694	5.948201	5.086796	6.437652
8	2.260021	2.739665	2.248440	7.713729	6.363257	7.753462
9	2.492456	3.079004	2.596297	8.882583	7.190457	8.527317
10	3.004832	3.627701	3.034192	10.32504	8.552250	10.225130
11	3.097772	3.819741	3.253290	11.084535	8.989448	10.554659
12	3.088960	3.796856	3.268765	11.083487	9.017053	10.473820
13	3.080049	3.751899	3.286726	11.042284	9.064950	10.347917
14	3.021864	3.712851	3.189735	10.821694	8.807704	10.252163
15	2.944284	3.594317	3.077478	10.428714	8.542678	9.977354
16	2.916292	3.703420	3.093047	10.724348	8.444988	10.111497
17	2.407685	2.988286	2.464189	8.510890	6.857290	8.315735
18	2.413151	3.000100	2.610943	8.857044	7.124224	8.186078
19	2.361907	2.882042	2.477211	8.381991	6.869258	7.991844
20	2.357896	2.780243	2.359607	7.922111	6.718662	7.916364
21	2.474734	2.892461	2.880776	9.140277	7.820247	7.851968
22	2.436247	2.898070	2.502874	8.378272	7.043149	8.155240
23	2.731302	3.252699	2.836740	9.467705	7.950061	9.115802
24	2.692929	3.218197	2.899580	9.582933	8.018826	8.899964

Fuente: elaboración propia.

Para visualizar el comportamiento sinusoidal realizaremos el análisis gráfico de estos, para poder analizar más profundamente su análisis:

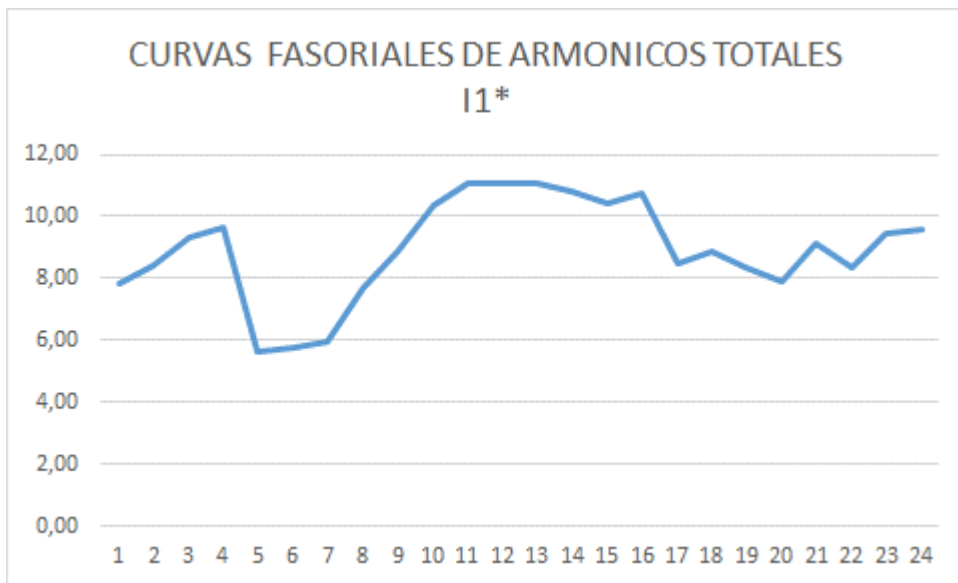


Figura 13. Gráfico de armónico total I.

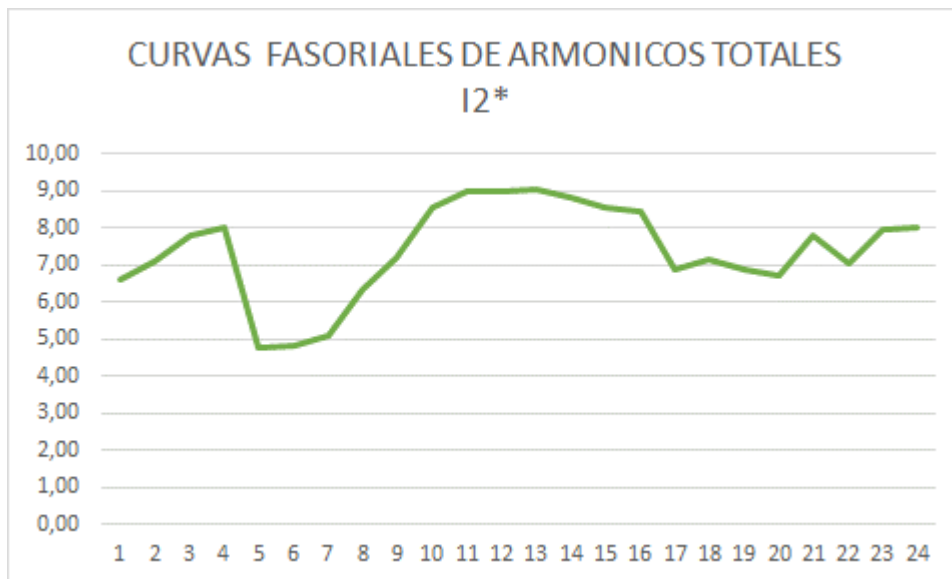


Figura 14. Gráfico de armónico total I2.

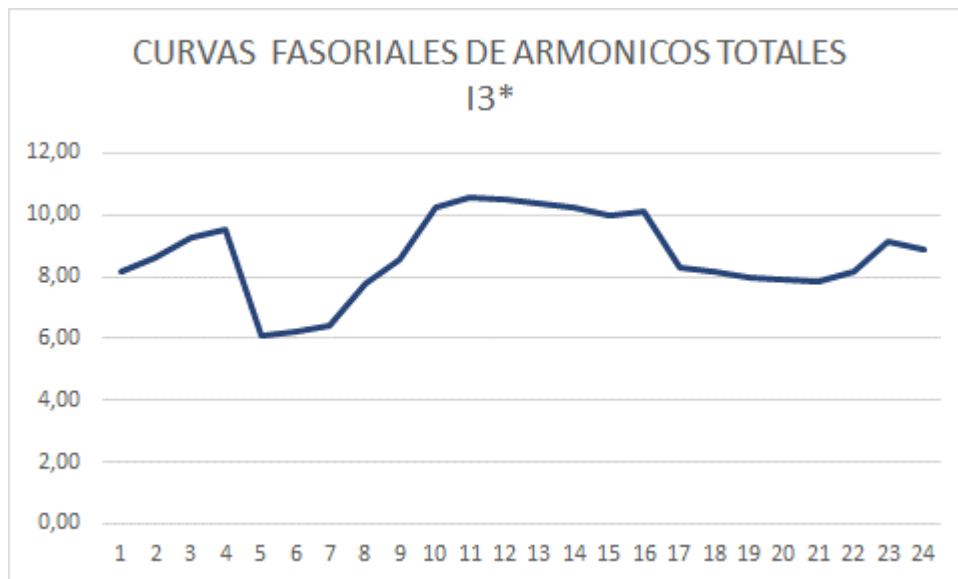


Figura 15. Gráfico de armónico total I3.

En cuanto a la descomposición en Fasores de tercer, quinto, séptimo, noveno y décimo primer orden, en la actualidad los transformadores tienen además su uso en el campo de los armónicos, a partir de la cualidad de poder aislar las cargas de la fuente y adicionando las distintas posibilidades de sus configuraciones de conexión y de construcción. Estos transformadores los cuales posibilitan tener una determinada carga o conjunto de cargas, capaces de causar problemas a otros equipos, verificadas en una zona concreta de la instalación, para no perjudicar al resto. En los sistemas trifásicos compensados, la corriente fundamental y de los armónicos de 5^{ta}, 7^{ma}, 9^{na}, etc., se eliminan uno a otro, mientras las corrientes monofásicas de 3^{ra} armónica poseen igual decalaje de fase, por lo tanto, se reúnen en el conductor neutro, devolviendo una corriente similar a tres veces las de las fases. El paso de corrientes notables por el neutro debidas al armónico tercero y los múltiplos de 3, producen una liberación de calor relevante debido al efecto Joule. Otro problema de esta circulación se debe a su capacidad de distorsionar la tensión, logrando así hacerle perder su carácter Senoidal.

Los transformadores usados especialmente para el confinamiento y control de los armónicos en una zona establecida de la instalación se fabrican con unos materiales y tipologías particulares para este fin, por lo que estarán listos para poder soportar en permanencia los efectos de los armónicos, con el fin de mantener unas prestaciones mínimas de calidad de tensión. Los transformadores más usados son los de triángulo-estrella en caso de cargas monofásicas, que detienen los armónicos de orden 3 y sus múltiplos. Para cargas trifásicas,

es más apropiado usar transformadores con secundario dual y así obtener el desfase de 30° en las tensiones de sus dos salidas.

Por lo que del análisis de los armónicos de alta frecuencia podemos deducir:

Tabla 4. Distorsiones armónicas de 3, 5, 7, 9 y 11 armónico

VALORES DE KW DE ARMONICOS DE ORDEN SUPERIOR					
Medida	kW (3er) Pot	kW (5to) Pot	kW (7mo) Pot	kW (9no) Pot	kW (11vo) Pot
1.000000	-0.008569	-1.024961	-0.017591	0.006194	-0.008866
2.000000	-0.006112	-0.648094	0.004137	0.002088	-0.017162
3.000000	0.002650	-0.149013	0.096956	0.002131	-0.020932
4.000000	-0.007930	-0.021071	0.060173	0.005806	-0.025964
5.000000	-0.003917	0.099757	0.090773	0.000631	-0.016240
6.000000	0.001836	-0.096096	0.089058	-0.002142	-0.020118
7.000000	-0.006102	-0.099211	0.105326	0.002427	-0.020671
8.000000	-0.000153	-0.218479	0.049804	0.004390	-0.018754
9.000000	0.007019	-0.262011	-0.025540	0.002235	-0.011980
10.000000	0.007302	-0.155397	-0.168237	0.007808	-0.014502
11.000000	0.005575	-0.584105	-0.205033	0.000617	-0.010192
12.000000	-0.016817	-0.532722	-0.211904	-0.001381	-0.010931
13.000000	-0.001737	-0.785694	-0.230942	-0.001788	-0.011580
14.000000	0.002455	-0.807792	-0.298648	-0.001121	-0.002833
15.000000	0.007343	-1.658943	-0.306102	0.003175	0.002521
16.000000	-0.025344	-2.131292	-0.186210	-0.003431	-0.008933
17.000000	-0.022703	-2.579160	-0.066620	-0.002752	-0.009861
18.000000	-0.022266	-2.777509	-0.023621	0.000790	-0.009460
19.000000	-0.022266	-2.726892	-0.033155	-0.000245	-0.004677
20.000000	-0.014841	-2.698710	-0.001519	0.000047	-0.009310
21.000000	-0.019892	-2.674849	-0.009379	-0.003561	-0.007551
22.000000	-0.002201	-2.530636	-0.191215	-0.003980	-0.005163
23.000000	-0.009641	-2.379347	-0.203641	-0.001255	-0.008663
24.000000	-0.020755	-2.316342	-0.300045	-0.001734	-0.001040

Fuente: elaboración propia.

Y con su correspondiente análisis ondulatorio

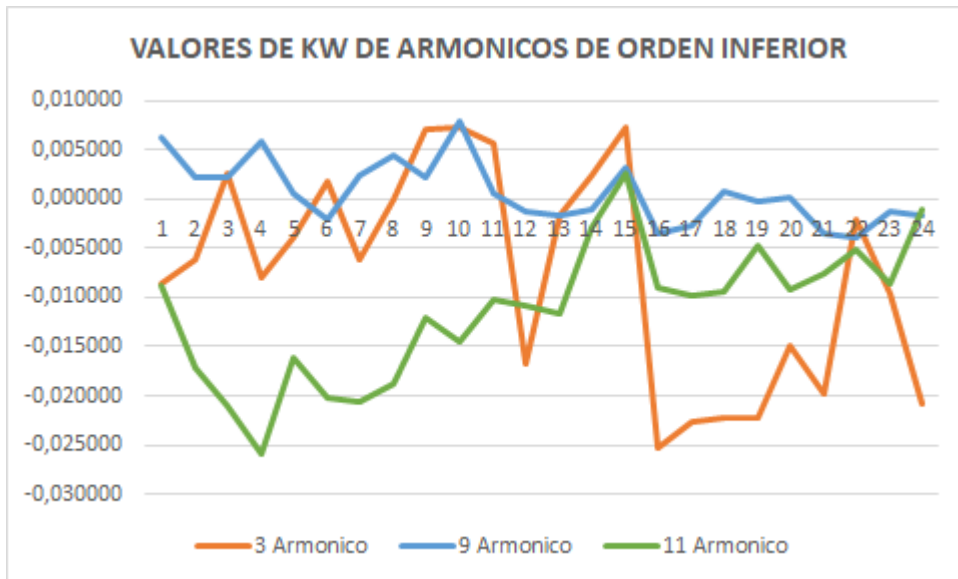


Figura 16. Armónico 3, 9 Y 11

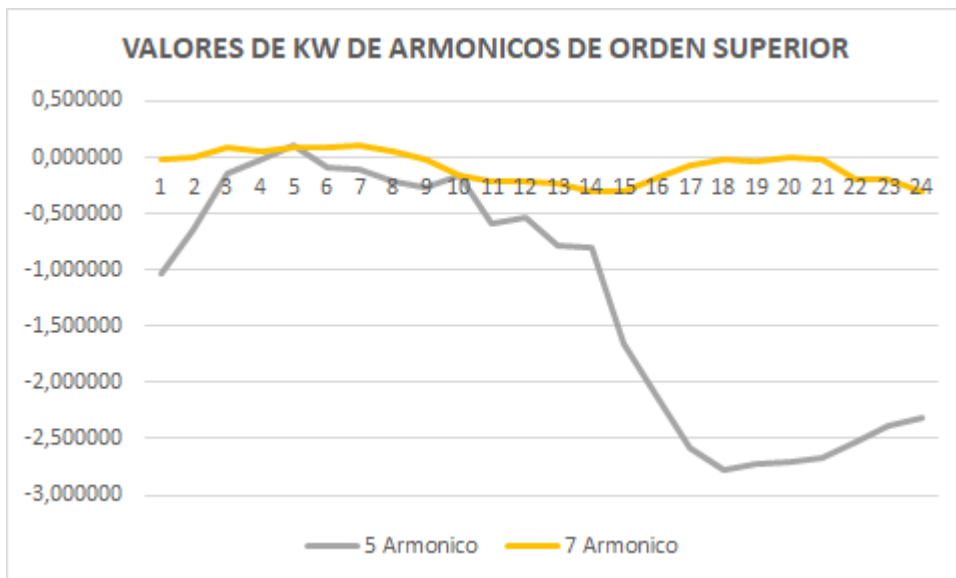


Figura 17. Armónico 5 Y 7

Estos valores los tenemos que comparar con la normatividad vigente, que es igual a:

Tabla 5. Orden de armónico impares y pares

Orden de armónico h	Corriente armónica máxima permitida (A)
Armónicos impares	
3	2.3
5	1.14
7	0.77
9	0.4
11	0.33
13	0.21
15 ≤ h ≤ 39	2.25/h
Armónicos pares	
2	1.08
4	0.43
6	0.3
8 ≤ h ≤ 40	1.84/h

Fuente: Norma IEC 555-2

Tabla 6. Armónicos admisibles

Armónicos admisibles en la red					
Armónicos impares excepto múltiplos de 3		Armónicos impares múltiplos de 3		Armónicos pares	
Orden h	Tensión U_h (%)	Orden h	Tensión U_h (%)	Orden h	Tensión U_h (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.3	6	0.5
13	3	21	0.2	10	0.5
17	2	>21	0.2	12	0.5
19	1.5	-	-	>12	0.2
23	1.5	-	-	-	-
25	1.5	-	-	-	-
>25	0.2+12.5/h	-	-	-	-

Fuente: Norma EN 50 160

3.3 Aplicar los métodos de análisis de armónicos para determinar sus efectos en la sub estación Chiclayo Oeste.

Para el análisis de los impactos de las alteraciones ocasionadas por los equipos que producen ondas incompletas (Tales como la electrónica Digital, la electrónica automotriz y la electrónica de potencia), es necesario la utilización de herramientas matemáticas, que nos permitan examinar estos efectos, la transformadas de Fourier es la mejor herramienta matemática para analizar los efectos de sumar ondas de distinta amplitud, intensidad y frecuencia.

Toda onda constante no sinusoidal (regular) esta descrita en el teorema de Fourier, se consiguen descomponer como la suma de ondas sinusoidales, por medio a la ejecución de las series de Fourier, mientras que cada vez sea verificado el cumplimiento de los requisitos que a continuación se mencionan: Que la integral definida en el transcurso de un periodo de la función sea un valor medible o determinado. Que la función tenga un número limitado de discontinuidades en un periodo de tiempo determinado

Esta función disponga de un número medible determinado de máximos y mínimos en un periodo, determinado calculables con el teorema de Le Hopital.

Cualquier función $F(x)$, dentro de un rango definido expresamente o implícitamente con periodo $2p$ tiene su interpretación en series de Fourier de consenso con esta expresión matemática resumida:

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos \frac{2n\pi}{T}t + b_n \sin \frac{2n\pi}{T}t \right]$$

En el cual:

- a_0, a_n, b_n = Coeficientes de Fourier, que obtienen los siguientes valores:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt, \quad a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos\left(\frac{2n\pi}{T}t\right) dt, \quad b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin\left(\frac{2n\pi}{T}t\right) dt.$$

Por la [identidad de Euler](#), las fórmulas de arriba pueden expresarse también en su forma compleja:

$$f(t) \sim \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{2\pi i \frac{n}{T}t}.$$

Los coeficientes ahora serían:

$$c_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-2\pi i \frac{n}{T}t} dt.$$

Otra forma de definir la serie de Fourier es:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t)$$

Una serie de Fourier se define como una serie indefinida que aproxima exactamente a una función periódica y continua por partes. Las series de Fourier componen el instrumento matemático básico del análisis de Fourier utilizado para estudiar funciones periódicas por medio de la desintegración en la mencionada función con la recopilación ilimitada de funciones sinusoidales bastantes sencillas (en la asociación de cosenos y senos con frecuencias completas), muy utilizadas para el análisis de las perturbaciones eléctricas producidas o inyectadas a un sistema y su correspondiente direccionalidad. El nombre es por el matemático francés Jean-Baptiste Joseph Fourier, cuando estudiaba la ecuación del calor elaborando la teoría. Él inicio los estudios de las series ordenadamente, el cual hizo público sus resultados iniciales en 1807 y 1811. Muchas veces esta área de investigación se llama análisis armónico.

Es una práctica la cual se usa en varias ramas de la ingeniería, asimismo de ser un mecanismo muy importante y valioso con el argumento matemático indefinido. Sus campos de ejecución contienen investigaciones ópticas, vibratorias, acústicas, proceso de imágenes, señales e interpretación de data. Para ingeniería, en la cuestión de esquemas de telecomunicaciones, y por medio de la utilización de los factores espectrales de frecuencia de una señal que se da, se logra mejorar la configuración de un esquema de una muestra portadora del equivalente. Del analizador de espectros describimos su utilización.

Con el uso de las ecuaciones anteriores, se pueden describir los principales tipos de armónicos existentes, en los esquemas de potencia, sistemas de transmisión y de distribución y que resumimos en la tabla adjunta:

Tabla 7. Principales tipos de descomposición armónica

CLASE DE ONDA	DESCOMPOSICIÓN ARMÓNICA
Onda seno	$Y=a \text{ sen } \theta$
Rectificación de media onda	$Y=a/\pi+0.5\text{sen } \theta-(2/1.3) \cos 2\theta-(2/3.5\pi) \cos 4\theta\dots$
Rectificación de onda completa	$Y=2a/\pi+(2/1.3) \cos 2\theta-(2/3.5\pi) \cos 4\theta-(2/5.7) \cos 6\theta\dots$
Rectificación de M fases	$Y=(am/\pi) \text{ sen}\pi\theta/m+(2/(m^2-1)) \cos m\theta-(2/(4m^2-1)) \cos 2\theta+(2/(9m^2-1)) \cos 3m\theta\dots$
Onda triangular	$Y=8a/\pi^2 [\text{sen}\theta-(1/9) \text{ sen}3\theta+(1/25) \text{ sen}5\theta+(1/49) \text{ sen}7\theta\dots$
Onda rectangular	$Y=4a/\pi[\text{sen}\theta-(1/3) \text{ sen}3\theta+(1/5) \text{ sen}5\theta+(1/7) \text{ sen}7\theta\dots$
Onda de tres niveles	$Y=3.4641a/\pi[\cos\theta-(1/5) \cos 5\theta+(1/5) \text{ sen}5\theta+(1/7) \cos 7\theta+(1/11) \text{ sen}11\theta\dots$

Fuente: Armónicos en sistemas eléctricos IEB S.A. p.3

De donde observamos cómo actúan los rectificadores que se colocan en las líneas de transmisión eléctricas, para descomponer o disminuir los efectos de las ondas armónicas.

Para mejor comprender como vamos a modelar la direccionalidad de los armónicos, es necesario tener cuales son las razones más comunes de la aparición de armónicos en las redes con especial énfasis al caso de la Sub – Estación Chiclayo Oeste 220/60 KV, materia del presente estudio:

La principal causa de los armónicos son las cargas eléctricas no lineales, (Llamadas también cargas RLC, donde la intensidad de corriente no es proporcional a la carga), en tanto ante una señal de tipo sinusoidal – Onda Perfecta, muestran una respuesta no sinusoidal. Los primordiales orígenes de corrientes armónicas son:

- Hornos eléctricos de arco (En Siderúrgicas) distintos aspectos de liberación de electricidad, cabe mencionar los reflectores y faros domésticos. Estos hornos son asimismo considerados como productores de armónicos de voltaje y no de armónicos de corriente, mostrando normalmente todos los armónicos (2^{da} , 3^{ra} , 4^{ta} , 5^{ta} ,

aunque destacando en importancia los impares con valores típicos en relación a la onda fundamental la 3^{ra} armónica con 20%, la 5^{ta} armónica con el 10%, la 7^{ma} armónica con 6% y la 9^{na} armónica está en 3% y de esta manera se decae de manera progresiva.

- Otra fuente de perturbaciones son los núcleos magnéticos en transformadores de Potencia en sub estaciones y máquinas rotativas que necesitan corriente de la 3^{ra} armónica para inducir el entre hierro, del transformador.

- En los transformadores la corriente Inrush ocasiona 2^{da}, 4^{ta} armónica, debemos de definir a la corriente inrush , como la corriente transitoria que aparece en el bobinado primario mientras que el transformador no tiene trabajo es energizado, esta corriente se muestra con crestas transitorios dicha extensión puede arribar a alcanzar valores altos poniendo así en peligro la vida útil del transformador, esta corriente inrush transitoria tiene la capacidad de alcanzar valores de cresta inicial elevado (en el transformador de 10-20 sucesiones de cresta de la corriente nominal), y con un periodo de múltiples ciclos, con un extenso espectro de elementos armónicos, influyendo la 2^{da} armónica.

- También son causa de armónicos los supervisores de velocidad graduables que son utilizados controles de procesos, electrobombas y ventiladores, cada vez son más frecuentes por procesos de ahorro y optimización energética en trapiches de arroz de zona de Lambayeque.

- Otras fuentes de perturbaciones eléctricas son los interruptores en condición sólida que afinan corrientes de mando, calentamiento, iluminación y las alimentaciones dirigidas a dispositivos electrónicos. Los rectificadores fundados en diodos o tiristores con respecto a cargadores de baterías, máquinas de soldar, etc., los bancos o compensadores estáticos para potencia reactiva, las instalaciones que transmiten en gran voltaje en corriente continua, inversor de corriente alterna a corriente continua, muy utilizados en energía solar fotovoltaica VB IB.

La Secuencia de ondas fasoriales en una red trifásica, debe ser analizada para comprender a las perturbaciones en su visión multifásica, bajo los siguientes criterios: En condiciones normales en redes trifásicas equilibradas, las ondas de tensión y corriente poseen una desigualdad de fase en común de 120°, y es positiva la sucesión de fases (R, S, T). Los armónicos de cada fase, en vista que las frecuencias son múltiplo de la fundamental, muestra

algunos ángulos de desigualdad de fase distintos en modelos de onda fundamentales, es decir, se consiguen mostrar distintas sucesiones de fases.

Para el armónico de orden k (3, 5, 7, 11, 13, etc.) su desfase jk entorno a la onda primordial es el mismo para las 3 fases, esta situación es esencial para que las formas de onda sean idénticas. Es decir, las componentes de los armónicos del orden k son asignadas así:

$$V_{Ak} = A_k \angle \varphi_k \quad V_{Bk} = A_k \angle (\varphi_k + \varphi_{AB}) \quad V_{Ck} = A_k \angle (\varphi_k + \varphi_{AC})$$

De dónde:

AK: Amplitud de la onda armónica k.

jAB: Ángulo de desfase armónico entre los elementos fundamentales de las fases A y B mostrado en grados radian del armónico k.

jAC: Ángulo de desfase armónico entre los elementos fundamentales de las fases A y C mostrado en grados del armónico k.

Un tiempo de la componente u onda fundamental es idéntico a k periodos del armónico de orden k, por lo que admite mostrar en grados radian del armónico k los desfases asignados en grados de la componente fundamental empleando la ecuación:

$$\varphi_k = k\phi$$

De dónde:

jk: Ángulo de desfase asignados en radianes del armónico k (3, 5, 7, 9, 11, ...n)

f: Ángulo de desfase asignados en radianes de los elementos de onda fundamental

De donde se obtiene que los elementos armónicos de orden k están atribuidas por:

$$V_{Ak} = A_k \angle \varphi_k \quad V_{Bk} = A_k \angle (\varphi_k + k(-120^\circ)) \quad V_{Ck} = A_k \angle (\varphi_k + k(120^\circ))$$

Para los armónicos de orden 3n (con n entero), los componentes armónicos están dados por:

$$V_{A(3n)} = A_{(3n)} \angle \varphi_{(3n)}$$

$$V_{B(3n)} = A_{(3n)} \angle (\varphi_{(3n)} + (3n) * (-120^\circ)) = A_{(3n)} \angle (\varphi_{(3n)} + n * (-360^\circ)) = A_{(3n)} \angle (\varphi_{(3n)})$$

$$V_{C(3n)} = A_{(3n)} \angle (\varphi_{(3n)} + (3n) * (120^\circ)) = A_{(3n)} \angle (\varphi_{(3n)} + n * (360^\circ)) = A_{(3n)} \angle (\varphi_{(3n)})$$

De donde podemos deducir que los elementos armónicos de los transitorios de las tres fases se ubican entre sí en fase y, por lo tanto, los armónicos de orden 3n son de secuencia cero.

Para los armónicos de orden (3n + 1) (con n entero) los elementos armónicos están representadas por:

$$V_{A(3n+1)} = A_{(3n+1)} \angle \varphi_{(3n+1)}$$

$$V_{B(3n+1)} = A_{(3n+1)} \angle (\varphi_{(3n+1)} + (3n+1) * (-120^\circ)) = A_{(3n+1)} \angle (\varphi_{(3n+1)} + n * (-360^\circ) - 120^\circ) =$$

$$A_{(3n+1)} \angle (\varphi_{(3n+1)} - 120^\circ)$$

$$V_{C(3n+1)} = A_{(3n+1)} \angle (\varphi_{(3n+1)} + (3n+1) * (120^\circ)) = A_{(3n+1)} \angle (\varphi_{(3n+1)} + n * (360^\circ) + 120^\circ) =$$

$$A_{(3n+1)} \angle (\varphi_{(3n+1)} + 120^\circ)$$

Lo anterior nos modela que las componentes armónicas de las tres fases vivas muestran desfases entre sí de 120° con la misma secuencia acompañada por las componentes fundamentales, o sea, que las perturbaciones armónicas de orden (3n + 1) son de secuencia positiva. Para los armónicos de orden (3n - 1) (con n entero) los elementos fundamentales de los armónicos están dadas por:

$$V_{A(3n-1)} = A_{(3n-1)} \angle \varphi_{(3n-1)}$$

$$V_{B(3n-1)} = A_{(3n-1)} \angle (\varphi_{(3n-1)} + (3n-1) * (-120^\circ)) = A_{(3n-1)} \angle (\varphi_{(3n-1)} + n * (-360^\circ) + 120^\circ) =$$

$$A_{(3n-1)} \angle (\varphi_{(3n-1)} + 120^\circ)$$

$$V_{C(3n-1)} = A_{(3n-1)} \angle (\varphi_{(3n-1)} + (3n-1) * (120^\circ)) = A_{(3n-1)} \angle (\varphi_{(3n-1)} + n * (360^\circ) - 120^\circ) =$$

$$A_{(3n-1)} \angle (\varphi_{(3n-1)} - 120^\circ)$$

Lo cual determina la siguiente regla de secuencia de armónicos, que utilizaremos posteriormente para su control de direccionalidad.

Tabla 8. Secuencia de armónicos

No. Armónico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+

Fuente: Armónicos en sistemas eléctricos IEB S.A. p.10

De donde podemos deducir, en base a este modelo ideal:

En sistemas trifásicos balanceados los armónicos de orden 3n de corriente solo consiguen expandir cuando se posibilita un retorno por tierra o neutro, caso de transformadores Z y líneas de transmisión.

Los armónicos balanceados de orden (3n + 1) en tensión causan en los motores eléctricos un campo giratorio en igual sentido de la onda componente fundamental.

Los armónicos balanceados de orden $(3n - 1)$ en tensión causan en los motores un campo giratorio en sentido opuesto al generado por la onda componente fundamental.

Se debe considerar que los resultados respecto a la secuencia de los armónicos son válidos sólo cuando el sistema trifásico está balanceado y las formas de onda (Senoidal) de las tres fases son iguales.

En la vida práctica, puede surgir desigualdad entre las tres fases del sistema, así como se enseña en la Figura adjunta. Lo anterior encamina a que los armónicos transitorios ser capaz de poseer componentes de distintas formas:

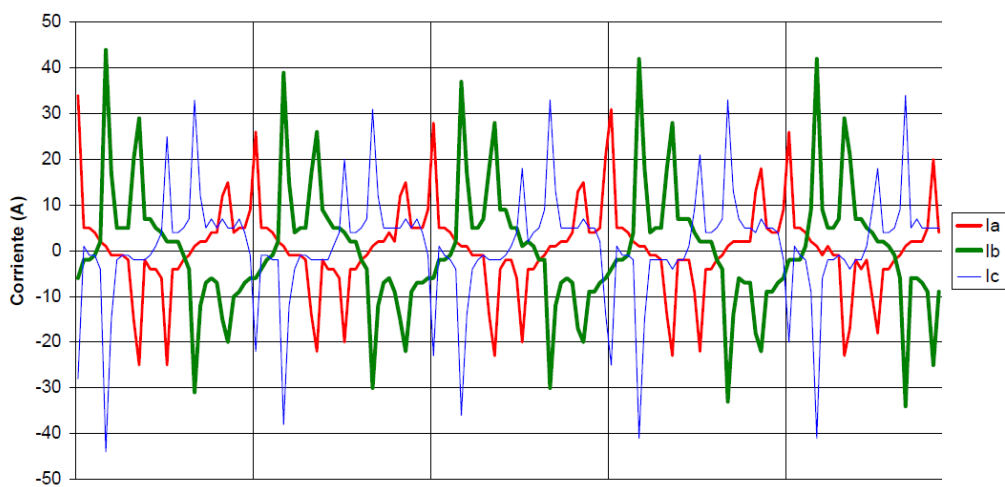


Figura 18. Sistema trifásico con ondas de distinto direccionamiento.

Otro de los problemas ocasionados por los armónicos, en cuanto a la aplicación de condensadores de potencia (usados para mejorar el factor de potencia), por existencia de armónicos crea limitaciones de resonancia. En la frecuencia de resonancia de un circuito RLC, la reactancia inductiva adquiere el mismo valor de la reactancia capacitiva, por lo que en sistemas que utilizan condensadores para la corrección del factor de potencia, o la mejoría del perfil de tensiones logran mostrar resonancias serie, paralelo, o una mezcla de ambas.

En el tema de resonancia en paralelo, la impedancia total con respecto a la frecuencia de resonancia es muy alta (hipotéticamente infinita). Entonces al ser excitada externamente por una pequeña fuente de corriente ajena a la frecuencia de resonancia, se va a producir una gran corriente circulante entre el condensador y la inductancia en paralelo, y la tensión a través del paralelo se incrementa.

De tal manera, si una de las frecuencias producidas por las fuentes armónicas encuentra circuitos con resonancias serie y/o paralelo, se logra generar una inmensa circulación de corriente armónica y/o logran surgir sobretensiones ocasionadas por las armónicas.

Estas anomalías eléctricas permiten llevar a fallas en capacitores, operación desmedido de fusibles en bancos capacitores, calentamiento del núcleo de los transformadores, y separación del dieléctrico en cables aislados. Los análisis de impedancia en función de la frecuencia radican en hallar para cada rango de frecuencia la reacción a la red, mirada desde un nodo determinado. Esto es posible suministrando inicialmente un 1A de corriente a la frecuencia dada y leyendo la tensión que resulta en el nodo. Las Figuras muestran el proceso de impedancia en desempeño de la frecuencia.

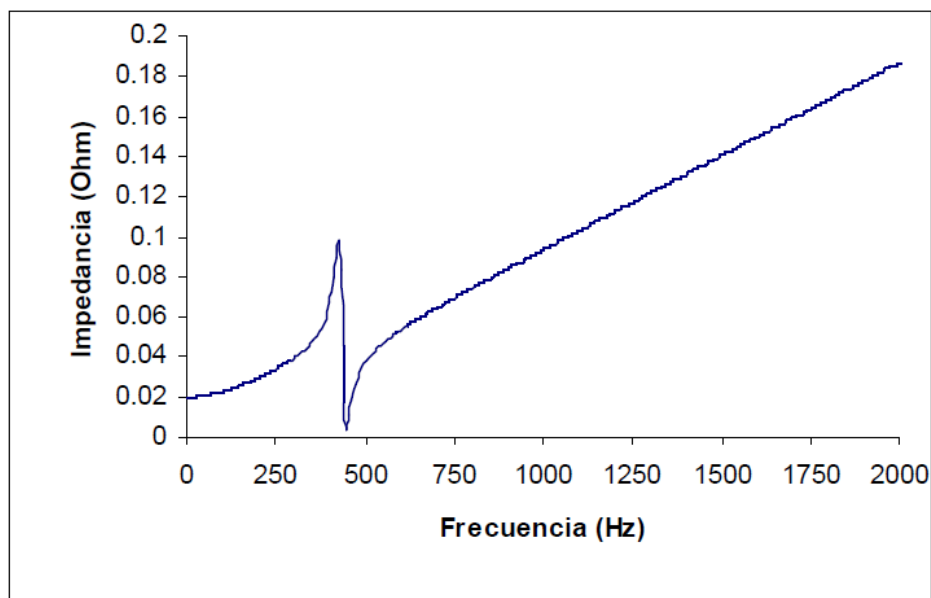


Figura 19. Frecuencia vs impedancia.

Muestras para armónicos de corriente:

Se estiman dos fundamentales clases de índices para corrientes, los de perturbación armónica individual y los de perturbación armónica total. El registro de distorsión armónica individual es definida por medio de la siguiente ecuación:

$$D_i = \frac{I_i}{I_n} \times 100\%$$

D_i : Distorsión armónica individual de corriente.

I_i : Corriente de cada armónico.

I_n : Corriente nominal del alimentador.

Las muestras de distorsión armónica total se definen como:

$$\text{THD}_I = \frac{1}{I_n} \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} (I_i)^2} \times 100\% \qquad \text{TDD} = \frac{1}{I_d} \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} (I_i)^2} \times 100\%$$

Muestras para armónicos de Tensión.

La muestra total de perturbación armónica individual de tensión se precisa a través de esta fórmula:

$$D_v = \frac{V_i}{V_n} \times 100\%$$

D_v : Distorsión armónica individual de tensión.

V_i : Tensión nominal de cada armónico.

V_n : Tensión nominal del alimentador.

El índice de distorsión armónica total de tensión es definida como:

$$\text{THD}_v = \frac{1}{V_n} \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} (V_i)^2} \times 100\%$$

Otro de los problemas, fundamentales, es lograr revelar problemas de aparición de armónicos sin hacer mediciones ya que el flujo y las respuestas del sistema podrían variar de manera sustancialmente de un sistema a otro con alteraciones tales como tolerancias de los equipos eléctricos, desbalances de cargas, etc.

La respuesta a estos inconvenientes presentes debido a la sensibilidad de equipos, altas pérdidas, alteraciones grandes etc., emitidos en disparos persistentes, quema de fusibles, errores en la medida de Kw-h (En Hora Punta, Fuera de Punta) y pérdida de equipos podrían ser afrontados con un análisis de flujo de armónicos basados en medidas y las correspondientes acciones para direccionarlas.

Muchos dilemas de armónicos pueden ser solucionados fácilmente reubicando equipos, implementar filtros, o restringiendo algunos pasos de la compensación del factor de potencia.

No obstante, antes de obtener una respuesta factible se deben reconocer plenamente las distorsiones armónicas existentes y sus fuentes, esto se puede hacer en base a modelos de flujo de armónicos o midiendo directamente en la instalación.

Los equipos usados para la medición de los armónicos básicamente son: Analizadores de espectro, Osciloscopios, Registradores: pueden juntar en algunas veces las peculiaridades de analizadores de espectro y osciloscopios, también, son capaces de guardar los datos obtenidos, en la era moderna que todos debemos de entrar rompiendo paradigmas nominales, se tiene de analizadores de armónicos muy sofisticados equipados con software de lenguaje de máquina y hardware que admiten una recopilación de datos fácil y un análisis matemático superior de la documentación muy confiable. La utilización de osciloscopios digitales con memoria incorporada posibilita incluso obtener la información que se necesita para los estudios, aunque el software de análisis debe utilizarse aparte.

En cuanto las tolerancias, que deben tener este tipo de distorsión de la onda los registros armónicos aplicables a los clientes sugeridos por la norma ANSI/IEEE-519 del año 1992, son: Profundidad de las hendiduras y área total de las hendiduras del voltaje de la barra donde se enlazan cargas conmutadas (aplicable en baja tensión). Esta definición se plasma en la siguiente figura.

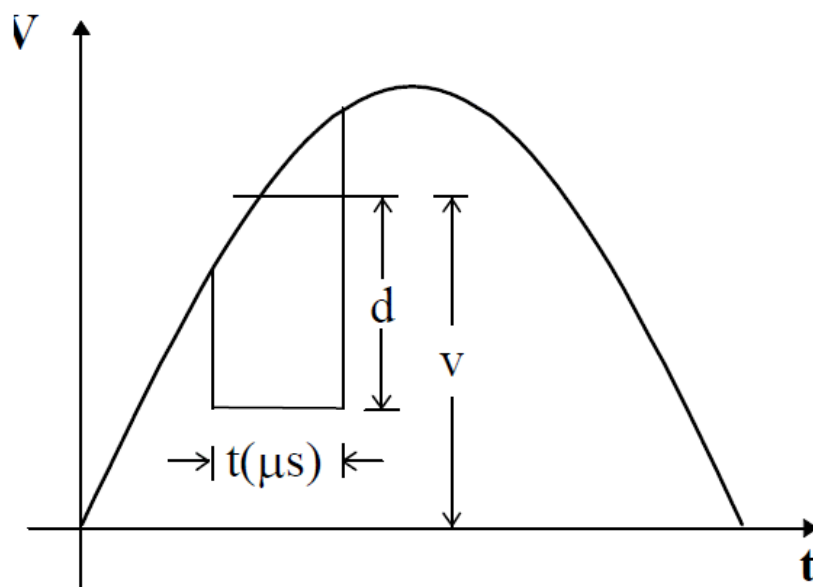


Figura 20. Hendidura en una onda de tensión.

$$\% \text{ profundidad de la hendidura} = d/v * 100$$

$$AN = td [=] \text{ ms.volt}$$

dónde AN = Área de la hendidura

Este registro es empleado en bajas tensiones en la cual el área de la hendidura es ponderable con facilidad con un osciloscopio.

La Tabla anexada evidencia los límites admitidos por la norma ANSI/IEEE para este registro.

Tabla 9. Límites de distorsión y clasificación de sistemas de baja potencia

	Aplicaciones Especiales	Sistemas Generales	Sistemas dedicados
Profundidad de la hendidura	10%	20%	50%
THD (voltaje)	3%	5%	10%
Área de la hendidura (AN) (V.µs)	16400	22800	36500

Fuente: Armónicos en sistemas eléctricos IEB S.A. p.17

Esquemas para cargas Generadoras de Armónicos.

Las principales cargas generadoras de armónicos como puentes rectificadores, inversores, etc., pueden organizarse siguiendo estas pautas alternativas:

Es probable hacer un modelo de simulación minucioso del elemento generador de armónicos: puentes rectificadores, inversores, etc. Los cuales podrían ser utilizados en programas como el EMTP.

Se puede utilizar modelos propios de los programas de simulación especializados, tales como EQSYS entre otros.

La gran mayoría de las cargas generadoras de armónicos actúan como fuentes de corriente. Dicho diseño es muy importante para trabajar con mediciones que se realizan en la carga. El diseño consta tan sólo en usar una fuente de corriente del valor medido para cada uno de los armónicos.

Instalación de Filtros

El uso de filtros R-L-C diseñados para absorber las corrientes armónicas creadas por un equipo, parece ser la respuesta técnica más completa, pero también la más costosa, el dimensionamiento de filtros resulta ser tal que los condensadores del filtro ayuden a sí mismo como pieza de la compensación del factor de potencia. Realmente no hay reglas

determinadas para el planteamiento de filtros y es en mayoría la experiencia y el ensayo y error los métodos que aportan un resultado destacado.

Los filtros pueden ser colocados para solucionar problemas de distorsión armónica de tensión o para solucionar problemas de grandes corrientes armónicas inyectadas al sistema. Las corrientes armónicas logran ser destacadas de estas formas: mediante una alta impedancia en serie para obstruir e impedir su paso. Ser derivadas a través de un camino en paralelo de baja impedancia.

Los filtros en serie conducen toda la corriente de carga y deben ser aisladas a la tensión de línea, en tanto los filtros paralelos conducen solamente una fracción de la corriente de carga. Ya que los filtros serie son mucho más caros y que los paralelos pueden ser usados para compensar mejor el factor de potencia a la frecuencia fundamental, los filtros más utilizados son los paralelos. Encontramos dos tipos de filtros, los sintonizados y los amortiguadores. El filtro sintonizado de la forma más simple es el de sintonía simple (single tuned) entretanto que el amortiguador principal es el pasa alta (high pass). Los sintonizados son utilizados cuando se deban filtrar una o distintas frecuencias, entretanto los amortiguadores se utilizan para filtrar una banda más ancha.

3.4 Realizar una propuesta de mejoras para minimizar el efecto de los armónicos en la sub estación Chiclayo Oeste.

Los principales impactos de los armónicos en los transformadores de potencia de acuerdo a la literatura existente son:

Gran parte de los transformadores se encuentran planteados para operar con corriente alterna a una frecuencia fundamental (50 ó 60 Hz), que conlleva que operando en condiciones de carga nominal y con una temperatura que no sea mayor a la temperatura ambiente especificada, el transformador obliga a poseer la capacidad de evaporar el calor producido por sus pérdidas sin sobrecalentarse ni afectar su vida útil. Las pérdidas en los transformadores radican en pérdidas sin carga o de núcleo y pérdidas con carga, que comprenden las pérdidas I^2R , pérdidas por corrientes de Eddy y pérdidas adicionales en el tanque, sujetadores, u otras partes de hierro. De forma individual, el impacto de las armónicas en estas pérdidas se explica de la siguiente manera:

Pérdidas sin carga o de núcleo: causadas por el voltaje de excitación en el núcleo. La forma de onda de voltaje en el primario se considera Senoidal individualmente de la corriente de carga, por lo que no se estima que incremente las corrientes de carga no senoidales. Pese a que la corriente de magnetización consiste de armónicas, éstas son muy pequeñas relacionadas con las de la corriente de carga, por lo que sus impactos en las pérdidas totales son ínfimos.

Pérdidas I^2R : si la corriente de carga tiene elementos armónicos, es decir estas pérdidas incluso incrementarán por el efecto piel.

Pérdidas por corrientes de Eddy: Estas pérdidas a frecuencia fundamental son proporcionales al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia, motivo por lo que se mantiene un aumento enorme de éstas en los devanados que conducen corrientes de carga no Senoidal (y por ello así mismo en su temperatura). Estas pérdidas se pueden mostrar como:

$$P_e = P_{e,R} \sum_{h=1}^{h=h_{\max}} \left[\frac{I_h}{I_R} \right]^2 h^2$$

Dónde:

h = armónica

I_h = corriente de la armónica h, en amperes

I_R = corriente nominal, en amperes P_e ,

R = pérdidas de Eddy a corriente y frecuencia nominal

Pérdidas adicionales: estas pérdidas incrementan la temperatura en las partes estructurales del transformador, y depende del modelo de transformador aportarán o no en la temperatura más caliente del devanado. Es considerado que varían con el cuadrado de la corriente y la frecuencia, tal como se evidencia en la ecuación.

$$P_{AD} = P_{AD,R} \sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left[\frac{I_h}{I_R} \right]^2 h$$

Dónde: P_{AD}, R= pérdidas adicionales a corriente y frecuencia nominal integrado a estas pérdidas, algunas cargas no lineales poseen un factor de corriente directa en la corriente de carga. Si este es el caso, este factor intensificará las pérdidas de núcleo ligeramente, pero incrementarán substancialmente la corriente de magnetización y el rango de sonido audible, por lo que se debe evitar este modelo de cargas. La conexión delta – estrella (usualmente de distribución) en cuestión de los transformadores que abastecen cargas no lineales monofásicas como pueden ser fuentes reguladas por conmutación, las armónicas “triplen” (múltiplos de 3) pasaran por las fases y el neutro del lado de la estrella, pero no mostraran en el lado de la delta (caso balanceado), ya que permanecen bloqueadas en ésta, produciendo sobrecalentamiento de los devanados. Tiene que tenerse especial cuidado al definir la capacidad de corriente de estos transformadores bajo condiciones de carga no lineal ya que es posible que los volts-amperes medidos en el lado primario sean menores que en el secundario. Con el aumento constante de cargas no lineales, se llevaron a cabo estudios los cuales reduzcan la capacidad nominal de los transformadores instalados que suministran energía a este tipo de cargas. También, en el caso de transformadores que operarán bajo condiciones de carga no lineal, es oportuno en lugar de sobredimensionar el transformador, usar un transformador con un factor K mayor a 1. Estos transformadores son admitidos por UL (Underwriter’s Laboratory) para funcionar bajo condiciones de carga no Senoidal, ya que obran con menores pérdidas a las frecuencias armónicas. Entre los cambios con respecto a los transformadores normales están:

La dimensión del conductor primario se aumenta para soportar las corrientes armónicas “triplen” circulantes. Por tal motivo se dobla el conductor neutro.

Se elabora el núcleo magnético con una menor densidad de flujo normal, usando acero de mayor grado, y usando conductores secundarios aislados de menor calibre, devanados en paralelo y transpuestos para disminuir el calentamiento por el efecto piel. El factor K se

puede ser encontrado por medio de un análisis armónico de la corriente de la carga o del contenido armónico estimado de la misma. Se define por medio de esta ecuación:

$$\text{factor K} = \sum_{h=1}^{h=h \text{ max}} [I_{h(\text{pu})}]^2 h^2$$

En el cual: h = armónica () I h

pu = corriente armónica en p.u. cogiendo como base la corriente Irms

Con la cifra del factor K de la corriente de la carga, podemos elegir el transformador adecuado. La Tabla adjunta enseña los valores comerciales de transformadores con factor K

Tabla 10. Factor K comunes en el mercado para transformadores

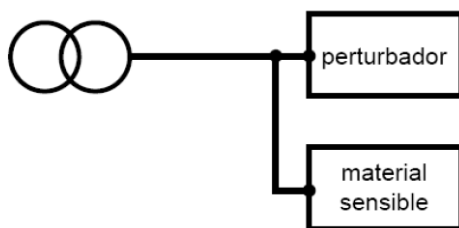
K - 4
K - 9
K - 13
K - 20
K - 30
K - 40

Fuente: Lliguichuzhca, 2014, p.20

Entre las principales medidas de mitigación debemos de mencionar:

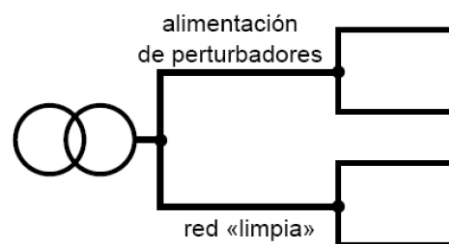
Revisar la topología de la instalación:

a) Solución a evitar



Los armónicos afectan mas a el material sensible que a la red general.

b) Solución preferible

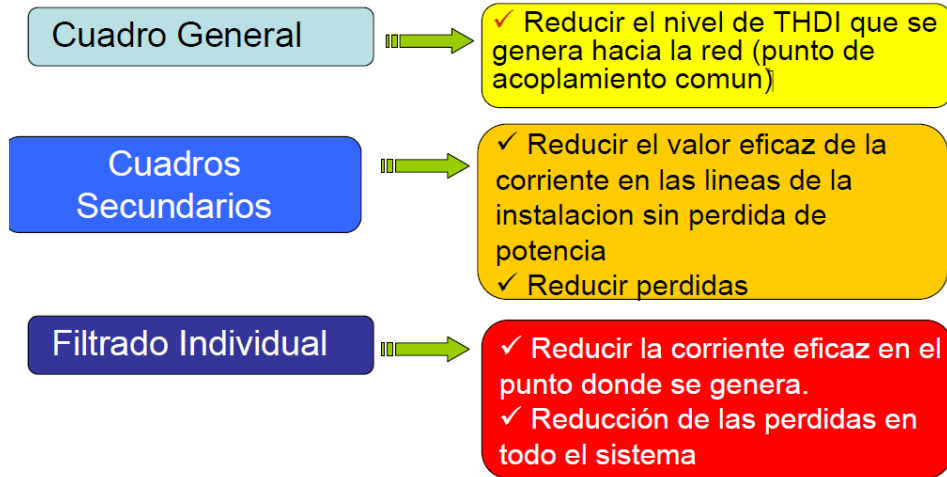


Los armónicos afectan mas a el red general que al material sensible.

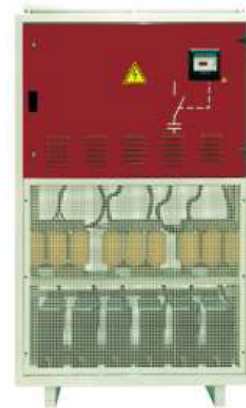
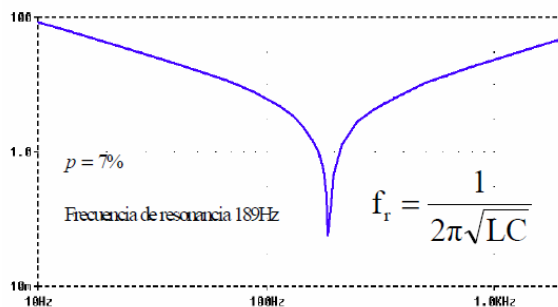
Estrategias de Filtrado

Ubicación

Efectos



Eliminación riesgo de resonancia, batería con filtros modelo FR.



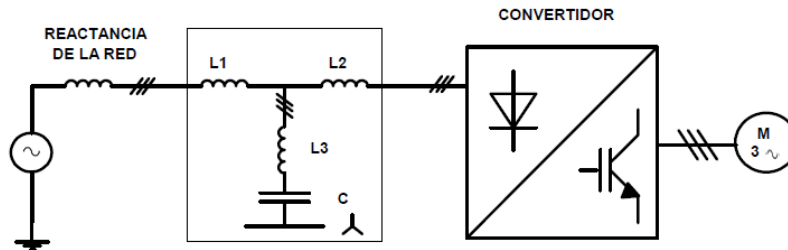
$$p(\%) = 100 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_r} \right)^2$$

p%	wr	Armónico rechazado
7%	189 Hz	h>5°, f > 250Hz
14%	134 Hz	h>3°, f > 150Hz

Soluciones: LCL

¿Cómo se conecta?

Se conecta de forma individual, aguas arriba del convertidor, justo delante de él y en serie.



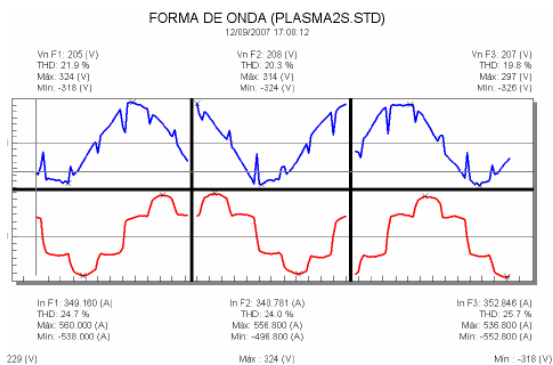
¿Qué debemos saber de la instalación para poder ofertar un LCL?

- ✓ Tensión de trabajo de la red
- ✓ Frecuencia de la red
- ✓ Corriente consumida por el equipo



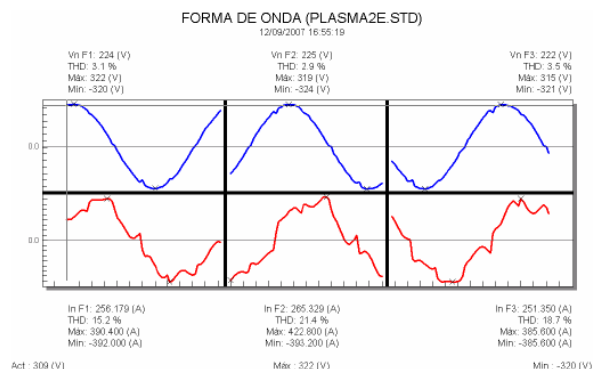
Soluciones: LCL

SIN FILTRO



Corriente de línea sin filtro Irms= 352 A
THD(I)=25,3%; THD(V)=21,9%

CON FILTRO, 80% DE CARGA



Corriente de línea con filtro Irms=250 A
THD(I)=18,7%; THD(V)=3,1%

En valor absoluto:

- 29% menos corriente eficaz.
- 50% menos pérdidas por efecto Joule.
- 44% menos de corriente distorsionante que se vierte a la red por esta maquina.

Soluciones: Filtros Activos

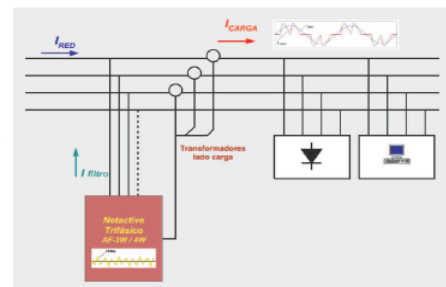
Funciones del compensador multifunción APF-4W:

- Filtrado de armónicos
- Equilibrado de corrientes de fase en sistemas desequilibrados
- Compensación del factor de potencia.



Ideal para instalaciones con gran cantidad de cargas monofásicas y trifásicas generadoras de armónicos:

- SAI
- Luminarias
- Aparatos elevadores
- Aires acondicionados.



Con lo que la solución al problema de filtros en la S.E. Chiclayo Oeste – Las Brisas, viene dada por:

Colocación de filtros activos de las siguientes características:

Cálculo del valor de THDI (Corriente Residual armónica)

Sabiendo como resultado de las mediciones efectuadas:

$$I_1 = 395 \text{ Amperios.}$$

$$I_3 = 3 \text{ Amperios.}$$

$$I_5 = 55 \text{ Amperios.}$$

$$I_7 = 7 \text{ Amperios.}$$

$$I_9 = 3 \text{ Amperios.}$$

$$I_{11} = 4 \text{ Amperios.}$$

De dónde se calcula el IRMS-RESIDUAL

$$I_{\text{RMS RESIDUAL}} = \sqrt{(I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2)} = 55.75$$

Con lo cual procederemos al cálculo del THDI%

$$\text{THDI\%} = 55.75 / 395 * 100 = 14.11 \%$$

Por lo tanto, el $I_{\text{FILTRO}} = 56$ Amperios

Es necesario el adquirir un filtro del orden de los 56 Amperios.

3.5 Establecer la factibilidad económica – financiera de las mejoras propuestas.

El presupuesto de implementación de los filtros a ser instalados para eliminar el efecto adverso de los armónicos en la calidad del producto eléctrico será:

Tabla 11. Presupuesto de implementación

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
1	SUMINISTRO				
1.1	Filtro direccional de armónicos 56 A / 220 KV – 60 HZ	1	210,000		
1.2	ECU de control de Filtros	1	45,000		
	TOTA DE SUMINISTRO			255,000	
2	MONTAJE				
2.1	Servicio de instalación y montaje	1	34,000		
2.2	Servicio de programación	1	25,000		
2.3	Conexiones eléctricas y pruebas	1	30,000		
	TOTAL, DE MONTAJE			89,000	
	COSTO DIRECTO			344,000	
	GASTOS GENERALES			24000	
	UTILIDAD			30000	
	COSTO DE VENTA			398,000	
	IGV + IPM			71640	
	PRECIO DE VENTA				469,640

Fuente: elaboración propia.

Esta es la opción intermedia, de tecnología vigente y eficiencia comprobada.

En tal sentido el dispositivo posibilita un ahorro de energía (En realidad aumenta la confiabilidad de la sub-Estación, por lo tanto, aumenta la producción de energía y la disponibilidad de potencia reconocida por el COES, que lo podemos consignar en montos)

Con lo cual se logra las siguientes conclusiones la existencia de armónicos cada vez es más alta en las redes eléctricas de distribución lo que causa unos diversos problemas como la disminución de la calidad de onda de tensión, siendo necesario sobredimensionar las instalaciones, lo que ocasiona pérdidas significativas adicionales. Si bien existen normas cuya función principal es limitar el grado de consumo de los armónicos es mejor realizar el filtrado de éstos para permitir la optimización del conductor eléctrico, los transformadores de distribución y minimizar que en las instalaciones haya pérdidas al igual que en la producción.

La respuesta del problema va por un diseño global y racional de filtros de armónicos, como los filtros activos, el cual nos posibilita dar solución al problema con costos razonables y fácilmente amortizables por el ahorro en pérdidas, aumento de la vida de algunos

componentes de las instalaciones y optimización de la infraestructura de distribución (cables canalizaciones, transformadores, etc.).

Tabla de ahorros de energía y monto de multas evitadas:

Tabla 12. Ahorro de energía y multas evitadas año 2018

ÍTEM	MÁS ENERGÍA	MENOS MULTAS	TOTAL
Enero - 2018	22,400	13,700	36,100
Febrero - 2018	21,800	12,900	34,700
Marzo - 2018	20,500	11,400	31,900
Abril - 2018	22,100	13,200	35,300
Mayo - 2018	23,100	14,200	37,300
Junio - 2018	22,700	15,600	38,300
Julio - 2018	24,100	14,500	38,600
Agosto - 2018	25,300	14,300	39,600
Setiembre -2018	24,200	14,500	38,700
Octubre - 2018	23,100	14,200	37,300
Noviembre - 2018	22,700	15,600	38,300
Diciembre - 2018	24,100	14,500	38,600
TOTAL 2018			444.700

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Ahorro de energía y multas evitadas año 2017

ÍTEM	MÁS ENERGÍA	MENOS MULTAS	TOTAL
Enero - 2017	21,600	12,800	32,400
Febrero- 2017	23,800	11,900	35,700
Marzo - 2017	21,500	10,400	31,900
Abril - 2017	21,100	12,200	35,300
Mayo - 2017	22,100	16,200	38,300
Junio - 2017	20,700	17,600	38,300
Julio - 2017	23,100	16,500	39,600
Agosto - 2017	21,300	15,300	36,600
Setiembre -2017	22,200	14,500	36,700
Octubre - 2017	24,100	13,200	37,300
Noviembre - 2017	23,500	15,600	39,100
Diciembre - 2017	24,300	14,500	38,800
TOTAL 2018			440.000

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Ahorro de energía y multas evitadas año 2016

ÍTEM	MÁS ENERGÍA	MENOS MULTAS	TOTAL
Enero - 2016	22,400	13,700	36,100
Febrero- 2016	21,800	12,900	34,700
Marzo - 2016	20,500	11,400	31,900
Abril - 2016	22,100	13,200	35,300
Mayo - 2016	23,100	14,200	37,300
Junio - 2016	22,700	15,600	38,300
Julio - 2016	24,100	14,500	38,600
Agosto - 2016	25,300	14,300	39,600
Setiembre -2016	24,200	14,500	38,700
Octubre - 2016	23,100	14,200	37,300
Noviembre - 2016	22,700	15,600	38,300
Diciembre - 2016	24,100	14,500	38,600
TOTAL 2016			444.700

Fuente: elaboración propia.

Lo que nos llega a determinar una utilidad promedio de 443,133

3.6 Realización de la evaluación económica del sistema de filtrado de armónicos.

Usaremos la metodología de Costos Marginales e Ingresos (precio sombra, precios privados, metodología Montaner), para hacer la preparación de los balances económicos sobre los cuales vamos a aplicar el análisis VANE (Valor actual Neto a Precios Privados) y el método TIRE (Tasa interna de Retorno Económico), la cual permitirá determinar si un proyecto es viable.

Se desarrollará con los siguientes criterios:

Vida de funcionamiento de la Maquina: Será de cinco años, en el cual se tuvo en cuenta la obsolescencia tecnológica

Tasa de Descuento: el financiamiento del proyecto se realizará con el uso de un préstamo bancario de acuerdo a la oferta y demanda del mercado y el tipo de negocio y cliente, siendo éste del 10% anual con un costo de mantenimiento de 3% anual.

No se va a considerar el valor residual de la maquinaria para que la vida útil de los equipos, no realizaremos un análisis de sensibilidad, la totalidad de esto nos muestra el siguiente flujo:

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		443.000,00	443.000,00	443.000,00	443.000,00	443.000,00
EGRESOS	469.640,00	45.300,00	45.300,00	45.300,00	45.300,00	45.300,00
NETO	-469.640,00	397.700,00	397.700,00	397.700,00	397.700,00	397.700,00

El movimiento de Caja a 5 Años, con un Costo balanceado de Capital, similar al 10 %, sin valor residual de recuperó, determinante es decir varianza cero, no se realiza estudio de sensibilidad:

Tomando en cuenta los siguientes conceptos:

Relación Beneficio – Costo: $\sum B / \sum C$, de donde:

B= Beneficios del Proyecto

C= Costos del Proyecto

VAN (Valor Actual) = $\sum I_i - E_i / (1 + i)^N$, de donde:

I_i = Ingresos contabilizados en el año

E_i = Egresos contabilizados en el año

i = Costo del Préstamo en porcentaje

TIR (Tasa de Retorno a flujos internos) = VAN = 0 = $\sum I_i - E_i / (1 + TIR)^N$

Adquiriendo los siguientes indicadores Financieros, con los que evaluaremos la factibilidad económica – Financiera de la maquina:

VAN	1.209.678,54	TASA	10,00%
TIR	80,23%		

IV. DISCUSIÓN.

La sub estación Chiclayo Oeste, cumple un rol fundamental en el sector norte del sistema interconectado Nacional, últimamente su rol se ha visto reforzado por el Sistema Interconectado de 500 KV, con la sub- estación la Niña y en el rango de 220 KV, con la sub- estación Reque y la sub- estación FEM.

Por otro lado la calidad del producto eléctrico, en cumplimiento de la ley de calidad del producto eléctrico y sus normas reglamentarias correspondientes, se ve afectada cada vez más por el uso masivo de electrónica de control (En la regulación de las ECU de los motores de las mismas centrales, protección capacitiva en las sub- estaciones, equipos electrónicos de uno masivo, tales como computadoras entre otros), lo cual origina la aparición de una serie de perturbaciones, denominados armónicos de tercera, quinta, séptima, novena y undécimo nivel, lo cual origina la distorsión de la onda Senoidal elemental y el incremento del RMS (Valor medio efectivo de la onda de voltaje y de la onda de corriente), con el consecuente sobrecalentamiento, sobretensión y sobre amperaje de las redes.

Estas distorsiones, tienen inclusive dirección, hacia o saliendo de los transformadores y tienen que ser eliminados o mitigados con un sistema de filtrado que los haga desaparecer o al menos disminuir, el cálculo de estos valores y la correspondiente selección de estos filtros es materia del presente trabajo.

El manejo de los Fasores que explican la naturaleza ondulatoria de estos fenómenos se tiene que basar en complejos procedimientos de cálculo, basados en series de Fourier, que nos permitan determinar valores equivalentes, con los cuales podamos realizar los correspondientes cálculos.

El mejorar la calidad de la corriente eléctrica, nos permite tener una corriente más estable y por ende con menos interrupciones y más producción de energía, y también menos multas y sanciones por el organismo regulador en este caso OSINERGMIN, estos valores han sido estimados de acuerdo con los datos trabajados en S/ 443,000 Soles al año y la inversión inicial de suministro y montaje ha sido estimada en S/ 469,640, lo cual nos permite el manejar un flujo de caja a soles constantes y flujos económicos, que nos determinan indicadores de VAN (Ganancia), de S/ 1,209,678 Soles y una rentabilidad (rendimiento del dinero) de 80.23 % al año.

V. CONCLUSIONES.

- La importancia de la estabilidad de los flujos de potencia de la sub estación Chiclayo Oeste, sub estación incluida dentro del sistema interconectado nacional a nivel 220 KV, a pesar de haber sido complementada con la red en 500 KV, que tiene a la sub estación la niña dentro de sus redes , en la cual se debe garantizar la estabilidad de la onda de voltaje y la onda de corriente ante la presencia de perturbaciones de tercer, quinto, séptimo, noveno y decimoprimer orden, para mantener el voltaje y el amperaje dentro de los márgenes de la onda perfecta.
- Estas perturbaciones cada vez son mayores por la cada vez mayor presencia de electrónicos que interrumpen la onda, por lo que la necesidad del uso de filtros que limpien las distorsiones es muy importante para evitar los cortes de suministro y las multas impuestas por el órgano regulador.
- El monto del mayor ingreso por venta de energía, así como las multas evitadas de pagar se suman y determinan un monto de S/ 443,000 Soles al año, lo cual lo comparamos con los S/ 469,640 Soles de inversión inicial, determinando una alta rentabilidad del orden del 80.23 % al año, muy superior al 12 % reconocido por el reglamento de la ley de concesiones eléctricas, así mismo una ganancia o van del orden de 1.209,678
- Debemos de incluir los beneficios de seguridad y cuidado del medio ambiente (menor emisión de gases de efecto invernadero), que su buen uso trae como ganancia a la sociedad en general y a la empresa en particular.

VI. RECOMENDACIONES.

- La calidad del servicio eléctrico es un factor esencial, para medir el desempeño de la empresa concesionaria de la actividad de transformación y transmisión de la energía y potencia eléctrica.
- Para evitar la aplicación de multas debemos de disminuir el valor efectivo de la RMS de las ondas de voltaje y amperaje, con la utilización de filtros de armónicos incluso de armónicos direccionales.
- La viabilidad económica, determina que se tenga en cuenta, la posibilidad de filtros direccionales para mejorar aún más la calidad del producto eléctrico.

REFERENCIAS.

- Argueta Román, I. A. (2016).** *DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIONES PARA LA SUBESTACIÓN ANTIGUA GUATEMALA 69 kV.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Baena Paz, G. (2017).** *Metodología de la Investigación.* Cd. de México: Grupo Editorial Patria S.A.
- Balcazar J, Gavalda R, & Siegelman H. (2017).** *Computational power of neural networks: A characterization in terms of Kolmogorov complexity.* IEEE Trans. Inf. Theory, 1175 - 1183.
- Barros J, Diego RI, & de Apráiz M. (2018).** *Applications of wavelets in electric power quality: voltage events.* Electr Power Syst Res, 88:130-6.
- Biscaro, A., Pereira, R., Kezunovic, M., & Mantovani, J. (2016).** *Integrated Fault Location and Power-Quality Analysis in Electric Power Distribution Systems.* IEEE, 428-436.
- Bollem M. (2016).** *Voltage sag: effects, mitigation and prediction.* Engineering Journal, 129-135.
- Bonifacio Namoc, W. (2018).** *ANALISIS Y PROPUESTA DE CALIDAD DE POTENCIA ELECTRICA MEDIANTE REDUCCION DE ARMÓNICAS CON FILTRO ACTIVO DE POTENCIA SHUNT (FAPS) EN SUB ESTACIONES DE 10/22.9 KV DE CAJAMARCA – REGION CAJAMARCA.* Chicayo - Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Brown R, Lauzon M, & Frayne R. (2018).** *A general description of linear time-frequency transforms and formulation of a fast, invertible transform that samples the continuous S-transform spectrum nonredundantly.* IEEE Trans. Signal Process, 281-290.
- Carpenter G, Grossberg S, Markunzon N, Reynolds J, & Rosen D. (2016).** *Fuzzy ARTMAP: a neural network architecture for incremental supervised learning of analog multidimensional maps.* IEEE Trans Neural Networks, 698-713.
- Castellanos-Bustamante, R. (abril-junio de 2013).** *Determinación de límites de transmisión en sistemas eléctricos de potencia.* Ingeniería Investigación y Tecnología, 271-286. doi:ISSN 1405-7743 FI-UNAM
- Cruz del Castillo, C., Olivares Orozco, S., & Gonzáles García, M. (2014).** *Metodología de la Investigación.* Mexico DF: Grupo Editorial Patria.

- Delgarm N, Sajadi B, Kowsary F, & Delgarm S. (2016).** *Multi-objective optimization of the building energy performance: a simulation-based approach by means of particle swarm optimization (PSO).* Appl Energy, 170:293–303.
- Erişti H, Yildirim Ö, Erişti B, & Demir Y. (2018).** *Optimal feature selection for classification of the power quality events using wavelet transform and least squares support vector machines.* Electr Power Energy Syst, 49:95-103.
- Fuchs E, Trajanoska B, Orhouzee S, & Renner H. (2018).** *Comparison of wavelet and Fourier analysis in power quality. Proceedings of the Electric Power Quality and Supply Reliability Conference,* 1-7.
- Gálvez Carrillo, M. R. (2003).** *DIRECCIONALIDAD DE CORRIENTES ARMÓNICAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.* Piura-Perú: Universidad de Piura.
- Gao Y, Sun B, & Lu P. (2018).** *Passivity-based integral slidingmode control of uncertain singularly perturbed systems.* IEEE, 386-390.
- Gao, Y., Lu, G., & Wang, Z. (2017).** *Analysis and Numerical Solution of Generalized Lyapunov Equations.* IEEE.
- Gayen PK, Chatterjee D, & Goswami SK. (2017).** *Stator side active and reactive power control with improved rotor position and speed estimator of a grid connected DFIG (doublyfed induction generator).* Energy, 89:461-72.
- Gilmanur R, & Mohd HA. (2017).** *Fault ride through capability improvement of DFIG based wind farm by fuzzy logic controlled parallel resonance fault current limiter.* Electric Power Syst, 146:1–8.
- Gomez Bastar, S. (2012).** *Metodología de la Investigación.* Estado de México.: RED TERCER MILENIO S.C.
- Grainger, J. J., & Stevenson, W. D. (1996).** *Análisis de Sistemas de Potencia.* Mexico DC: McGRAW-HILL.
- He S, Li K, & Zhang M. (2018).** *A real-time power quality disturbances classification using hybrid method based on S-transform and dynamics.* IEEE Trans. Instrum. Meas, 2465-2475.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010).** *Metodología de la Investigación.* México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hsu C, & Lin C. (2017).** *A comparison of methods for multiclass support vector machines.* IEEE Trans. Neural Netw, 415-425.

- Khokhar, S., Mohd Zin, A., Mokhtar, A., & Pesaran, M. (2017).** *A comprehensive overview on signal processing and artificial intelligence techniques applications in classification of power quality disturbances.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 1650-1663.
- Kim C, & Aggarwal R. (2018).** *Wavelet transforms in power systems - part I - general introduction to the wavelet transforms.* Power Engineering Journal, 81-87.
- León Rivera, E. F., & Tenelema Ramirez, P. A. (2016).** *ANÁLISIS DE LA ESTADÍSTICA DE EVENTOS DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE PARA DETERMINAR LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE SERVICIO INDICADOS EN LA REGULACIÓN ARCONEL 003/08 EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA PERIODO 201.* Latacunga - Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Li J, Teng Z, Tang Q, & Song J. (2016).** *Detection and Classification of Power Quality Disturbances Using Double Resolution S-Transform and DAG-SVMs.* IEEE-Transactions on Intelligent Transportation System, 2302-2312.
- Li Y, Zhang L, He X, Peeta S, & Zheng T. (2018).** *Nonlane-Discipline-Based Car-Following Model for Electric Vehicles in Transportation- Cyber-Physical Systems.* IEEE, 19(1), 38-47.
- Lin T, & Domijan A. (2016).** *On power quality indices and real time measurement.* IEEE Trans. Power, 2552-2562.
- Lonardo Ventura, M. K. (2018).** *ESTUDIO Y ANALISIS DE CALIDAD DEL PRODUCTO ENFOCADO EN PERTURBACIONES ARMONICAS EN EL SISTEMA ELECTRICO DE UN INGENIO AZUCARERO CARTAVIO S.A.A.* Chiclayo - Peru: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.
- Mohanty SR, Ray PK, Kishor N, & Panigrahi BK. (2018).** *Classification of disturbances in hybrid DG system using modular PNN and SVM.* Electr Power Energy Syst, 44:764-777.
- Nguyen T, Su C, & Gajic Z. (2017).** *Sliding mode control for singularly perturbed linear continuous time systems: composite control approaches.* IEEE, 2011-2016.
- OSINERGMIN. (2016).** *LA INDUSTRIA DE LA ELECTRICIDAD EN EL PERÚ: 25 AÑOS DE APORTE AL CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL PAÍS.* Magdalena del Mar, Lima.

- OSINERGMIN. (02 de Abril de 2019).** *https://www.osinergmin.gob.pe/*. Obtenido de *https://www.osinergmin.gob.pe/*.
- Pereira R, Kezunovic M, & Mantovani J. (2019).** *Improved fault location on distribution feeders based on matching during-fault voltage sags.* IEEE, 852-862.
- Pires V, Amaral T, & Martins J. (2018).** *Power quality disturbances classification using the 3-D space representation and PCA based neuro-fuzzy approach.* Expert Syst appl, 38:11911-7.
- Reyes, T., Rodriguez, J., & Robles, G. (2010).** *Aplicación de un filtro activo de corriente para mejorar la calidad de energía eléctrica en un sistema eléctrico industrial.* Scielo.
- Song D, Yang J, Cai Z, Dong M, Su M, & Wang Y. (2017).** *Wind estimation with a non-standard extended Kalman filter and its application on maximum power extraction for variable speed wind turbines.* Appl Energy, 190:670–85.
- Suarez D, Caicedo G, & Vargas-Torres H. (2018).** *Review of stable and transient fault location techniques for distribution systems part II: steady-state knowledge based and transient analysis techniques.* Conferencia on Renewable Energies and Power Quality, 1-6.
- Tse N, Chan J, Lau W, & Lai L. (2017).** *Hybrid wavelet and Hilbert transform with frequency-shifting decomposition for power quality analysis.* IEEE Trans. Instrum. Meas, 3225-3233.
- Wang N, & Er M. (Septiembre de 2016).** *Direct adaptive fuzzy tracking control of marine vehicles with fully unknown parametric dynamics and uncertainties.* IEEE, 24(5), 1845–1852.
- Wang, Y., Gao, Y., Reza Karimi, H., Shen, H., & Fang, Z. (2017).** *Sliding Mode Control of Fuzzy Singularly Perturbed Systems With Application to Electric Circuit.* IEEE, 1667 - 1675.
- Wu L, Su X, & Shi P. (Agosto de 2017).** *Sliding mode control with bounded L2 gain performance of Markovian jump singular time-delay systems.* Automatica, 48(8), 1929–1933.
- Yang B, Yu T, Shu H, Dong J, & Jiang L. (2018).** *Robust sliding-mode control of wind energy conversion systems for optimal power extraction via nonlinear perturbation observers.* Applied Energy, 711–723. doi:10.1016/j.apenergy.2017.08.027
- Yang C, & Zhang Q. (2017).** *Multiobjective control for T–S fuzzy singularly perturbed systems.* IEEE, 17(1), 104-115.

- Yang C, & Zhang Q. (Feb de 2019).** *Multiobjective control for T–S fuzzy singularly perturbed systems.* IEEE, 17(1), 104-115.
- Zhang F, Geng Z, & Yuan W. (2017).** *The algorithm of interpolating windowed FFT for harmonic analysis of electric power system.* IEEE Trnas Power Deliv, 16:160-4.
- Zhou L, Che Z, & Yang C. (2018).** *Disturbance Observer-Based Integral Sliding Mode Control for Singularly Perturbed Systems With Mismatched Disturbances.* . IEEE, 9854-9861.

Filtros activos

(Compensación global: reactiva, armónicos, desequilibrio)

Los filtros activos paralelo multifunción AFQ constituyen la solución más completa para resolver los problemas de calidad causados, tanto en instalaciones industriales como comerciales o de servicios, no únicamente por los armónicos, si no también por el desequilibrio de corrientes e, incluso, por el consumo de potencia reactiva (generalmente de tipo capacitivo).

Las funciones implementadas en todos los modelos son las enumeradas a continuación:

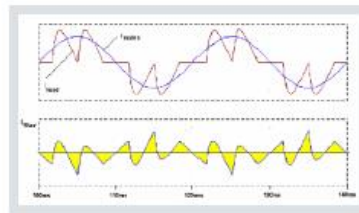
- Reducción de las corrientes armónicas hasta el orden 50 (2500 Hz). Posibilidad de selección por parte del usuario de las frecuencias armónicas a filtrar para lograr una mayor eficacia del filtro.
- Corrección del consumo de corrientes desequilibrado en cada fase de la instalación eléctrica.
- Compensación de potencia reactiva. Tanto en corrientes atrasadas (inductiva) como adelantadas (capacitiva).

Estos filtros ofrecen la posibilidad de programar la prioridad de las funciones a llevar a cabo para permitir un uso óptimo de la capacidad del filtro de acuerdo a los requerimientos particulares de la instalación.

Los filtros AFQ están equipados con un display táctil de uso totalmente intuitivo, que permite efectuar todas las acciones necesarias a nivel de programación del equipo. Ofrecen además la visualización del estado de la red aguas abajo y arriba del punto de conexión del filtro, para permitir la comparación del "antes y después", con el fin de evaluar la eficacia del filtro.

Si se requieren mayores capacidades de filtrado, hasta un máximo de 8 filtros pueden conectarse en paralelo (los filtros deben ser del mismo modelo).

El principio de funcionamiento de los filtros activos para la neutralización de armónicos se basa en medir la corriente armónica generada por las cargas, e inyectar una corriente de compensación opuesta para cancelar cada frecuencia armónica existente.



Formas de onda de AFQ

Electronic VAR Control Offer
AccuSine PFV+

www.schneider-electric.com



Reactive current compensation solution for specific and high performance systems.



Model 6 MCC (UL and CSA approved)



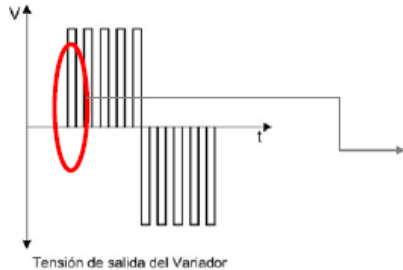
Okken / Blokset (IEC61439 certified)

AccuSine PFV+ Specifications

Technical Specifications	
Standard RMS output current ratings	60 A, 120 A, 200 A, 300 A @ 208 - 240 VAC 60 A, 120 A, 200 A, 300 A @ 380 - 480 VAC 47 A, 94 A, 157 A, 235 A @ 480 - 600 VAC 40 A, 80 A, 133 A, 200 A @ 600 - 690 VAC
Electrical System Characteristics	
Nominal voltage	208 - 240 VAC, +10%/-10% 380 - 480 VAC, +10%/-15% 480 - 600 VAC, +10%/-15% 600 - 690 VAC, +10%/-15%
Nominal frequency	50/60 Hz, ±3 % auto sensing
Number of phases	3-phase, with or without neutral
Operation with single phase loads	Yes; no effect on neutral current
Technical Product Characteristics	
Power electronics	IGBT, 3 level inverter
Topology	Digital 1/4 cycle response
Losses	At 480 VAC - 3 %; at 690 VAC - 5 %
Efficiency	to 480 VAC - 97%; to 690 VAC - 95%
Current transformers (CT)	Any ratio with 1 or 5 ampere secondary; Type 1 accuracy; 50/60 or 400 Hz rated (instrument rated or better); Grounded can be shared with other devices.
Quantity of CT	2 or 3 for 3-phase loads; 3 required for 4-wire with neutral connected loads
CT VA loading	40 mVA
Control basis	Closed loop (for new installations); Open loop (compatible for retrofit applications).
CT position	Closed loop control: Source sense (at mains) CT or load sense CT for single unit; Open loop control: Load sense CT or source sense CT for single unit.
Parallel operation	Up to 10 units per set of CT any size combination. Backward compatibility with AccuSine PFV operated in parallel. Contact your SE sales office for applications of more than 10 units
Parallel operation options	Master/Master (masters receive mains CT); Master/Slave; Multi-master/Multi-slave; Same as AccuSine PCS for retrofits.
Parallel sequence options	Cascade: Lead/lag with unit rotation: one unit operates to full capacity before next unit turns on; timed rotation Load Share: All operating units function at the same output percentage
Parallel redundancy	Any unit with CT connections will automatically become master if the controlling master is taken offline. Automatic increase in output of all units to make up capacity of any offline unit.
Parallel HMI control	Any unit permits viewing and changing parameter settings of the complete system or any other unit in the parallel system.
Power factor correction	Optimized PF correction, leading (capacitive) or lagging (inductive) power factor (Cos φ) to target.
Mains current balancing	Negative sequence current injected to balance fundamental current on the mains due to load imbalance, (inherently corrects displacement PF (Cos φ)).
Voltage support (Voi-VAR mode)	Mains voltage support via VAR injection: Maintain defined set point voltage by injecting leading VARs to raise voltage and lagging VARs to lower voltage; includes speed of adjustment.
Control response time	25 μs
Reactive correction time	1/4 cycle
Display	145 mm QVGA TFT 7-color touchscreen
Operators	Magelis HMI STU touch panel screen
Display parameters	100+: includes oscilloscope for viewing many selected parameters, phasor diagrams, load power, measured currents for Is, If, I neg seq, PF (Cos φ), injected currents for I reactive, I neg seq, etc.
Communications capability	
Discrete input/outputs	4 Input and 4 output dry contacts; assignable
Noise level (ISO3746)	< 75 db at one meter from unit surface
Color	RAL7035 Enclosure; RAL7022 Plinth (floor standing units)
Earthing (Grounding) systems	Suitable for most earthing (grounding) systems; IT switch on EMC filter for IT earthing (ground), high resistance earthing (ground) or corner earthed (grounded) systems.

FUNCIÓN DEL FILTRO dV/dt

Si ampliamos la forma de onda se podría observar que el ángulo no es exactamente 90°

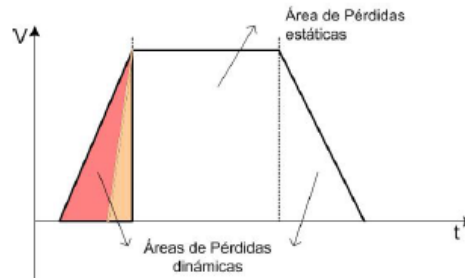


VF_ITCC0017AE



VF_ITCC0021AE

Variador	dV/dt	Pérdidas
132kW	800V/ μ s	1380W
132kW	4000V/ μ s	1100W



VF_ITCC0025AE 20 ◀

Anexo Nº 4

Equipo de Registro: Medidor Multifunción

Ficha técnica del producto Características

M7650A0C0B6E0A0A
ION7650, wDispl, 5MB 512s, 5A
240VAC/300VDC 60Hz - RS+T2+E - 8I+3R+4O



Principal

Gama	PowerLogic
Nombre corto del dispositivo	ION7650
Tipo de producto o componente	Medidor de calidad de potencia y energía

Complementario

Análisis de calidad de energía	<ul style="list-style-type: none"> índice de armónico detección huecos y picos captura de onda de corriente supervisión de cumplimiento dip y swell, transitorio detección de dirección de interferencias programabilidad (funciones lógica y matemática) aprendizaje del punto de ajuste Hasta armónico 63
Aplicación del dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> Control y supervisión del equipo Corrección del transformador del instrumento Cogeneración y supervisión de PIE (Productor Independiente de Energía) Medición de la tarifa Totalización y impulso de energía Reducción de la carga Demanda y control del factor de potencia
Tipo de medición	<ul style="list-style-type: none"> Corriente Tensión Frecuencia Potencia aparente total Factor de potencia total Potencia aparente por fase Factor de potencia por fase Potencia activa total Potencia activa por fase Potencia reactiva total Potencia reactiva por fase
Supply voltage	<ul style="list-style-type: none"> 110...300 V DC 85...240 V CA 47...63 Hz
Frecuencia de red	60 Hz

26/12/2019

Life Is On | Schneider Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

[In] corriente nominal	5 A
Type of network	3P + N 1P + N 3P
Consumo de potencia en VA	20 VA
Consumo de potencia en VA	45 VA
Resolución de la pantalla	320 x 240 pixels QVGA
Tipo de pantalla	LCD retroiluminada
Velocidad de muestreo	512 muestras/ciclo
Corriente de medición	0...5 A
Input type	corriente 0,005...20 A (impedancia 0.002 Ohm)
Tensión de medida	100...600 V CA fase a fase 57...347 V CA fase a neutro
Frecuencia	42...69 Hz
Número de entradas	8 digital 120 V DC
Precisión de medida	Corriente 0.1 % 1...5 A Tensión 0.1 % 57...288 V Energía 0.2 %
Clase de precisión	Clase 0,2S energía acorde a IEC 62053-22
Número de salidas	3 relé 4 estado sólido
Protocolo de puerto de comunicaciones	ION Telnet IEC 61850 DNP3 Modbus TCP/IP
Soporte del puerto de comunicación	RJ45, estado 1 Ethernet RS485 RJ11, estado 1 módem SUB-D 9, estado 1 RS232 ST, estado 1 fibra ópt.
Registro de datos	Sincronización GPS Registros de datos Análisis de tendencias /previsión Secuencia de registro de eventos Sellado de tiempo Registros de eventos Valores instantáneos mín./máx.
Velocidad de transmisión	300...115200 baudios <= 19200 baudios 300...57600 bauds 10/100 Mbit/s
Capacidad de memoria	5 MB
Servicios web	Servidor web
Inviolabilidad de los ajustes	Protegido por código de acceso
Código de compatibilidad	ION7650

Entorno

Compatibilidad electromagnética	Prueba de inmunidad oscilatoria/ráfagas eléctrica acorde a IEC 61000-4-4 Descarga electroestática acorde a IEC 61000-4-2 Susceptibilidad frente a campos electromagnéticos acorde a IEC 61000-4-3 Pruebade inmunidad de ondas de choque 1,2/50 µs acorde a IEC 61000-4-5 Emisiones conducidas y radiadasB acorde a CISPR22
Tipo de montaje	Empotrado
Soporte de montaje	Puerta envolv.
Tipo de instalación	Instalación interior
Categoría de sobretensión	III
Grado de protección IP	Negro, estado 1 IP30 acorde a IEC 60529 Frontal, estado 1 IP50 acorde a IEC 60529
Humedad relativa	5...95 %

Grado de contaminación	2
Temperatura ambiente de funcionamiento	-20...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Normas	IEC 61010-1
Anchura	192 mm
Profundidad	174 mm
Altura	192 mm
Peso del producto	1.9 kg

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------