

**AUTOMATIZACIÓN DE LA TRANSFERENCIA PARA UN SISTEMA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA ACUMULADA**

JHON FREDY CHAVERRA OCHOA

FERNANDO ESTELIO ROLDÁN UPEGUI

FREDY ALEXANDER SEPÚLVEDA VÉLEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2016

**AUTOMATIZACIÓN DE LA TRANSFERENCIA PARA UN SISTEMA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA ACUMULADA**

TEMA: INVESTIGACIÓN Y EJECUCIÓN

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Electricista

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

INGENIERÍA ELÉCTRICA

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado

Firma del Jurado

Medellín,

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis compañeros, profesores y demás personas involucradas en nuestra formación

A mis compañeros de trabajo, en especial al Ingeniero Jaime Vanegas, quien fue el gestor de la idea de emprender nuevos retos para la vida personal y laboral

A nuestras familias que siempre han apoyado nuestras decisiones y nuestras ganas de crecer integralmente.

A Dios por permitirnos estudiar y trabajar rodeado de gente que aporta a nuestro conocimiento y desarrollo personal

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la oportunidad que la vida nos ha brindado al desarrollar este trabajo, a los profesores que gracias a su entrega han dejado huella en nuestro crecimiento académico y personal, a nuestra asesora Mónica Narváez, quien con esmero tomó el reto de sacar adelante este proyecto, a nuestros compañeros y amigos.

TABLA DE CONTENIDO

NOTA DE ACEPTACIÓN.....	5
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTOS	9
1 RESUMEN	12
2 INTRODUCCIÓN.....	13
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GENERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4 MARCO TEÓRICO	16
4.1 Automatización	16
4.1.1 Automatización de procesos	17
4.1.2 Clases de automatización.....	17
4.1.3 Tipos de automatización	18
4.1.4 Dispositivos para la automatización.....	19
4.1.5 Sistemas de automatización	22

4.2	Transferencias de Energía Eléctrica	23
4.2.1	Transferencia manual	23
4.2.2	Transferencia Automática o Doble Tiro	24
4.2.3	Autómatas	25
5	METODOLOGÍA	28
5.1	Descripción del trabajo para cumplir las condiciones	29
6	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	36
7	CONCLUSIONES.....	42
8	RECOMENDACIONES.....	43
9	Bibliografía	44
10	ANEXOS.....	46

1 RESUMEN

En este proyecto se presenta la automatización de la transferencia de energía mediante un PLC, entre sistemas híbridos de energía renovable y la red eléctrica del operador local, para cubrir ciertas demandas de potencia. Se analiza con detalle el sistema de suministro para un modelo de carga, en el laboratorio de aire acondicionado, utilizando sistemas renovables a pequeña escala situados en I. U. Pascual Bravo, con conexión a la red eléctrica.

Se han modelado y simulado cada uno de los sistemas: tanto el recurso natural solar, la cual es acumulada en baterías, el de la red eléctrica del operador, así como las demandas, incluyendo en todos ellos efectos no considerados en la literatura. Es decir, se ha desarrollado una plataforma de automatización con todos los elementos, que permiten analizar el aprovechamiento de los recursos y la dependencia de la red eléctrica para distintos horarios, en función de la relación entre la demanda y los recursos renovables. El criterio utilizado para la evaluación es la transferencia de energía con la red acumulada y la contribución de la red eléctrica a la demanda (compra-venta), con los correspondientes autoconsumos reflejados en ahorro de la energía otorgada por el operador de red.

2 INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos ha permitido el desarrollo industrial, de tal manera que por lo menos el 75% de la manufactura se ha reemplazado por autómatas que hacen la labor más rápida y de forma segura.

A lo largo de la historia, y con la aparición de las primeras máquinas, las actividades productivas se han hecho 95% eficientes, las ocupaciones y el estilo de vida de las personas han cambiado, la tecnología nos ha llevado a obtener una mejor calidad en los productos servicios y en la reducción del 80%, en los costos de producción al no presentarse reproceso por error humano, y por ende para la población mayores oportunidades de acceso a los satisfactores básicos. (Cortez, 2012)

Según la revista Dinero en su edición de diciembre de 2013, Colombia el segundo país de Suramérica con mayor inversión extranjera, se ha convertido en líder regional en la aplicación de procesos de automatización industrial, según expertos consultados en la feria Automatiza 2013.

Actualmente existen diversos tipos de autómatas adaptables al sistema de transferencia eléctrica, desde los microcontroladores, procesadores, PLC y computadores interface Hombre Maquina, que se han usado en todo el mundo.

Países como Alemania, Japón, Estados Unidos, china e Italia se han convertido en grandes fabricantes de elementos y equipos electrónicos que facilitan el diseño y fabricación de

transferencias eléctricas automáticas y compactas proporcionando su montajes en infraestructuras reducidas. (Sen, 2008)

En Colombia se están aprovechando estas nuevas tecnologías. Empresas como EPM, ISAGEN, entre otras, están apostando en la modernización de sus proyectos existentes.

De acuerdo con funcionarios de EPM, aseguran que en el 90% de sus nuevos proyectos están implementando estas tecnologías con el fin de estar en la vanguardia, logrando tener instalaciones modernas para posicionarse en los primeros lugares de la calidad de la energía volviéndose competente y estar a la altura de las otras empresas del sector eléctrico en el mundo.

La I. U. Pascual Bravo recibió por parte de un grupo de ingenieros un proyecto que va de la mano con la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases: Se trata de un aire acondicionado Híbrido, el cual permite proporcionar confort y realizar diversas prácticas en el laboratorio de refrigeración, a su vez brinda la posibilidad de nuevos desarrollos en el ámbito electro-ambiental y mejora la didáctica en la universidad.

Este equipo consume prevalentemente la energía que le otorga los paneles solares y si es necesario, toma energía de la red del operador.

Como oportunidad de mejora se implementó un sistema de energía acumulada, que proporcione por sesenta minutos, en horas de la noche, el suministro de energía eléctrica al aire acondicionado Híbrido.

Esta energía es suministrada a través de una transferencia automática que permita el cambio de la fuente de energía eléctrica, al momento de agotarse la energía acumulada.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar una transferencia de potencia que permita alimentar un aire acondicionado Híbrido, por 60 minutos, desde la energía renovable acumulada y luego regresarla a la red del operador.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un programa para PLC que automatice la transferencia de potencia, evaluando el modo de trabajo con arranque asistido por la red normal y prevalencia de la energía renovable.
- Ajustar el aire acondicionado híbrido a la conexión de la transferencia automatizada.

4 MARCO TEÓRICO

Las transferencias eléctricas son sistemas que permiten la integración de dos fuentes de energía para garantizarle continuidad del fluido eléctrico aun usuario final. Las transferencias de energía eléctrica inicialmente se operaban de forma manual, luego en los primeros años del siglo XX, evolucionaron a la lógica cableada. Con el desarrollo del tubo de rayos catódicos y el transistor, llegaron los primeros autómatas, capaces de hacer una acción, dependiendo de las condiciones que se hubieran configurado.

4.1 Automatización

Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Su misión es analizar los procesos por los cuales se reemplazan los esfuerzos físicos y mentales desarrollados por el hombre.

(<http://www.sc.edu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/Autom>)

4.1.1 Automatización de procesos

La automatización (automatización: del griego antiguo auto, ‘guiado por uno mismo’) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

(https://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial)

4.1.2 Clases de automatización

Las clases de automatización se pueden lograr bajo tres parámetros, estos pueden ser:

Automatización fija. La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado

Automatización programable. La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En

este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software)

Automatización flexible. Por su parte la automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada.

Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

4.1.3 Tipos de automatización

En los tipos de automatización existen cinco formas de automatizar en la industria moderna

- La Automatización Flexible. control Automático de Procesos, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.
- El Procesamiento Electrónico de Datos frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.

- La Automatización Fija, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los Controladores Lógicos Programables (PLC).
- El Control Numérico Computarizado lo poseen las máquinas de un mayor nivel de flexibilidad. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN). Entre las MHCN se encuentran: fresadoras CNC, Tornos CNC, máquinas de electro erosionado, máquinas de Corte por Hilo. El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible".

(<http://automatizacion2008.blogspot.com.co/>, 2008)

4.1.4 Dispositivos para la automatización

Sensor

Dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo temperatura, intensidad luminosa, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como

en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor).

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir o a controlar. Recordando que la señal que nos entrega el sensor no solo sirve para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 0 a 10 VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en un proceso.

Transmisor

Es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio, para lograr una sesión de comunicación se requiere: un transmisor, un medio y un receptor.

Actuador

Elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado. Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Controlador

Dispositivo (llamado normalmente controlador, o, en inglés, driver) es un programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz -posiblemente estandarizada- para usarlo. Se puede esquematizar como un manual de instrucciones que le indica cómo debe controlar y comunicarse con un dispositivo en particular. Por tanto, es una pieza esencial, sin la cual no se podría usar el hardware.

Dispositivos de interfaz de potencia

Son dispositivos intermedios que requieran cantidades de corriente mayores a los que pueden entregar un dispositivo. Los motores de paso, motores DC, servomotores, lámparas incandescentes, reflectores, se podrían llegar a controlar desde un PLC a través de las interfaces de potencia, as de control, para construir nuestras interfaces de potencia.

Dispositivos de interfaz de usuario

Las interfaces básicas de usuario son aquellas que incluyen cosas como menús, ventanas, teclado, ratón, los "beeps" y algunos otros sonidos que la computadora hace, en general, todos aquellos canales por los cuales se permite la comunicación entre el hombre y la computadora. La idea fundamental en el concepto de interfaz es el de mediación, entre hombre y máquina. La interfaz es lo que "media", lo que facilita la comunicación, la interacción, entre dos sistemas de diferente naturaleza, típicamente el ser humano y una máquina como el computador. Esto

implica, además, que se trata de un sistema de traducción, ya que los dos "hablan" lenguajes diferentes: verbo-icónico en el caso del hombre y binario en el caso del procesador electrónico.

(<http://automatizacion2008.blogspot.com.co/>, 2008)

4.1.5 Sistemas de automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch.

- Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad.
- Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles.

- Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso realiza en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza. (Pere Ponsa, 2007)

4.2 Transferencias de Energía Eléctrica

Una transferencia de energía eléctrica es un dispositivo que cambia los circuitos eléctricos entre la alimentación principal (normalmente la electricidad suministrada por una empresa de servicios públicos), y la generación local que se mantiene en las instalaciones.

Estos interruptores pueden ser, control automático de potencia de entrada, o manual que requiere una persona para realizar físicamente la transición. (Arifujjaman, 2008)

4.2.1 Transferencia manual

El Tablero de Transferencia integra toda la ingeniería necesaria para controlar su sistema de conmutación con corte de manera manual, un dispositivo que cambia la fuente de alimentación de una a otra. Típicamente se trata de transferir desde una fuente de alimentación principal, tal como la compañía local, a una fuente de alimentación secundaria, tal como un

generador de emergencia. El interruptor de transferencia eléctrica también cambia el poder a la fuente de alimentación principal de energía de emergencia, cuando ya no es necesaria. El conmutador de transferencia mantiene las dos fuentes de energía aisladas, lo que permite la transferencia segura de una fuente de alimentación a la otra. Por medio de un mando rotativo inter-enclavado que a su vez se encuentra complementado con dos interruptores para una conmutación segura sobre la fuente de respaldo. Su transferencia es posible gracias a su juego de enclavamientos con cerradura que otorga un sistema seguro y eficaz. (Fotolia.com)

4.2.2 Transferencia Automática o Doble Tiro

Un equipo de transferencia automática está conformado o constituido por dos dispositivos de corte que pueden ser seccionadores o interruptores, los cuales se encuentran enclavados eléctrica y en algunos casos mecánicamente con el fin de evitar que se presente un cierre simultáneo entre ellos.

De igual manera hacen parte de un doble tiro todos los elementos y equipos de protección, señalización, control y mando. Un tablero de transferencia es un interruptor eléctrico que cambia una carga entre dos fuentes, son automáticas y pueden cambiar cuando detectan que una de las fuentes ha perdido o ganado el poder.

Los elementos o dispositivos de corte de un Equipo de Transferencia Automática pueden ser seccionadores en aceite, en SF₆; o interruptores aislados en aceite, en SF₆ o al vacío.

Un interruptor de transferencia automática (ATS) se instala a menudo donde se encuentra un generador o equipo electrógeno de respaldo, para que el equipo pueda proporcionar energía eléctrica temporal si la fuente de energía falla.

(www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/001/01/1/RA8-010actualizada)

Un ATS también puede comandar el generador de copia de seguridad para iniciar, basado en la tensión monitorizada en el suministro primario, el interruptor de transferencia aísla el generador de respaldo de la empresa eléctrica cuando el generador está encendido y proporcionando energía temporal, la capacidad de control de un interruptor de transferencia puede ser manual solamente, o una combinación de automático y manual.

Por ejemplo, en una casa equipada con un generador de respaldo y un ATS y se produce un corte de energía eléctrica, el ATS le dirá al generador de respaldo cuando comencar, una vez que el ATS ve que el generador está listo para proveer de energía eléctrica, el ATS rompe la conexión del hogar de la compañía eléctrica y se conecta el generador al panel eléctrico principal de la casa y el generador suministra energía a la carga eléctrica de la casa, pero no está conectado a las líneas de servicios eléctricos. (deplantasdeluz.com.mx/que-es-tablero-de-transferencia) (

4.2.3 Autómatas

Para realizar la selección del autómatas se debe de formalizar dos valoraciones, selección del tipo de autómatas y lenguaje de comunicación.

Matriz de decisiones para la selección del PLC: para realizar la matriz de selección se debieron seguir los siguientes pasos: características, parámetros, utilidad para cada una de las características.

Programación del PLC: el método formal redes de Petri o GRAFCET, el cual consiste en un diagrama gráfico de etapas y transiciones, por medio del cual se puede realizar la sistematización del PLC. Se caracterizó el funcionamiento del automatismo con total independencia de los componentes con los que vaya a ser construido. Esto equivale a centrar el interés no tanto en la estructura física o en la tecnología empleada para implementar el automatismo, sino en la función que debe realizar.

Descripción de entradas y salidas del proceso: esto se hace de acuerdo con el diagrama del lenguaje que se describen las entradas y salidas que intervienen en el programa para tener una mejor visualización del mismo.

Gabinete eléctrico: en su interior se ubicará el PLC LOGO y todos los demás elementos de mando y protección. Luego de establecer los requerimientos eléctricos para el proyecto, se hizo el diseño del tablero de potencia que suministra energía al aire acondicionado, en dicho diseño se tuvieron en cuenta las diferentes protecciones necesarias para la tecnología Inverter, así como el tipo de transferencia. Paralelamente se realizó el diseño del módulo de control del tablero, el cual está encargado de recibir señales de los accionamientos e instrumentos de medida; así como enviar instrucciones hacia la transferencia.

El panel de mando: el cual se encuentra situado en la puerta del gabinete eléctrico, mediante el cual se puede interactuar sobre el proceso. (deplantasdeluz.com.mx/que-es-tablero-de-transferencia)

5 METODOLOGÍA

Al realizar un diseño eléctrico y una automatización, es importante identificar el proceso a intervenir. En este caso la automatización de la transferencia para un sistema de energía eléctrica acumulada, inicialmente se realizó una investigación con las diferentes áreas involucradas del proyecto; lo que se buscaba básicamente era establecer que requerimientos eléctricos necesitaba cada montaje electromecánico para su funcionamiento, tales como corriente, voltaje, potencia, tipo de arranque, capacidad para abastecer la potencia que requiere el aire acondicionado Híbrido, con su tecnología Inverter (arranque de motores con corrección en las variables de frecuencia y voltaje).

Se identificaron todos los instrumentos requeridos para el control y supervisión de los procesos, así como los diferentes accionamientos locales y remotos que sirven para el control y puesta en marcha de todos los mecanismos.

Inicialmente se hizo un algoritmo que cumpliera con los pasos necesarios que permitieran las condiciones de manual y automático de la transferencia y que nos permitiera condicionar en estado automático, con los siguientes requisitos:

- Carga de baterías en condición
- Horario entre las 18:00 y 22:00 horas
- Red normal
- Equipo en condiciones de operación

Con el cumplimiento de las condiciones en el desarrollo manual, se optó por hacer el algoritmo lógico, adaptarlo a un lenguaje de programación y realizar las simulaciones en el Software LOGO SOFT, con un PLC (Controlador Lógico Programable), Donde se pudo analizar las necesidades en el manejo del tiempo de habilitación y el funcionamiento del programa

5.1 Descripción del trabajo para cumplir las condiciones

Inicialmente se hizo un segmento que diera la condición de trabajo manual, seleccionado desde la posición del botón de selección de modo de trabajo.

Para el óptimo funcionamiento de la transferencia, fue necesario realizar los siguientes pasos:

Vigilar el voltaje de las baterías en una escala 0 a 10 voltios para el rango del voltaje de las baterías entre 0 y 48 voltios. El límite inferior del voltaje óptimo de las baterías es por debajo del 15% de su voltaje nominal, es decir 40,8 voltios. Esto lo hace directamente el inversor.

Si el voltaje de las baterías se encuentra por debajo de 40,8 voltios, la transferencia debe alimentar el aire acondicionado Híbrido desde la red normal del operador.

Horario de trabajo estableció en el intervalo entre las 18:00 y 22:00 horas, para lo cual se utilizó un bloque programable del Software LOGO SOFT de PLC que permitió ajustar Fecha y Hora, y limitar el trabajo de la red acumulada en el intervalo horario de 18:00 a 22:00 horas.

Esto se realizó con el fin de brindar confort a los estudiantes y profesores, y aportar a la didáctica de las clases afines a refrigeración, electrónica, electricidad, entre otros.

Además de la ventana de trabajo habilitadas entre las 18:00 y las 22:00 horas, se dispuso de un temporizador de tiempo efectivo de trabajo del aire acondicionado Híbrido, con el fin de limitar el trabajo a 60 minutos.

Este temporizador funciona similar a un Odómetro, el cual acumula los minutos de encendido, gracias a un transformador de corriente que cierra un contacto al detectar flujo de corriente por encima de un amperio (1). Este equipo se instaló en la fase que suministra energía a la Manejadora del aire acondicionado Híbrido.

El temporizador es reseteado por la orden inversa de la ventana de trabajo.

Las condiciones de la Red del Operador normal se vigiló con un dispositivo tipo Relé, que activa una señal o cierra un contacto siempre y cuando la energía eléctrica suministrada por el Operador de Red se encontrara activa, es decir que no haya ausencia de tensión.

El equipo en condiciones de operación se refiere a las condiciones eléctricas dadas por el inversor, el cual va a suministrar la energía eléctrica acumulada en los valores necesarios para alimentar en aire acondicionado Híbrido, el cual se logró haciendo una serie de condiciones necesarias para dar una señal de estado de operación de la red acumulada para alimentar el aire acondicionado Híbrido.

Para la instalación del cableado se consideró la ruta de los cables de control y potencia de los dispositivos instalados en el gabinete. Evitando tender las líneas de señales de baja tensión y los cables de comunicación en un mismo canal

En el carril superior se tienen instalados el LOGO, los Relés de interface que vigila presencia del servicio de energía del operador de red y la red acumulada, y la protección del voltaje de control

En el carril de en medio se encuentra las borneras de tensión de control y de potencia, de la red normal, la red acumulada y la red integrada

En el carril inferior se tienen las protecciones de la Red del operador, la red acumulada, y las protecciones de la condensadora y la manejadora del aire acondicionado Híbrido.

Al frente, entre el carril superior y el segundo carril se situó el selector de modo de funcionamiento y los pilotos.

El Selector de función manual y automático se hizo con dos entradas que van al PLC y logran que nunca se vayan a dar las ordenes de los contactores de las dos fuentes de energía al mismo tiempo, además se obtuvo un enclavamiento mecánico como seguridad redundante para que nunca se pueda dar el ingreso de los dos contactores que comandan las fuentes de energía a la vez.

Figura 1. Diagrama de conexión y posición de los elementos de control y potencia en gabinete

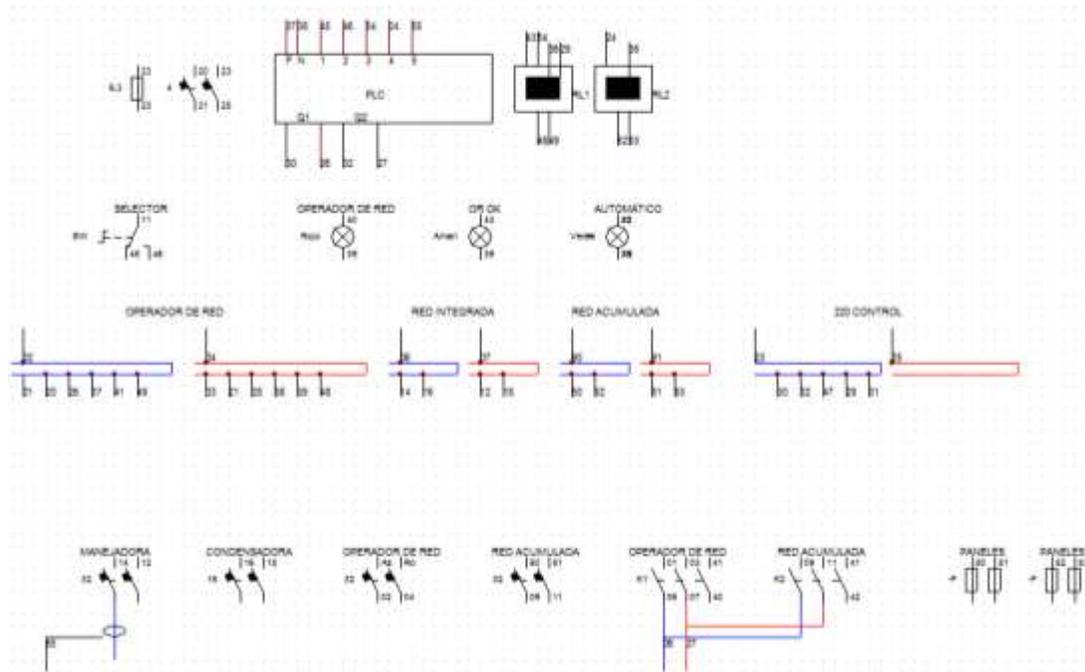


Figura 2 vista conexión del PLC

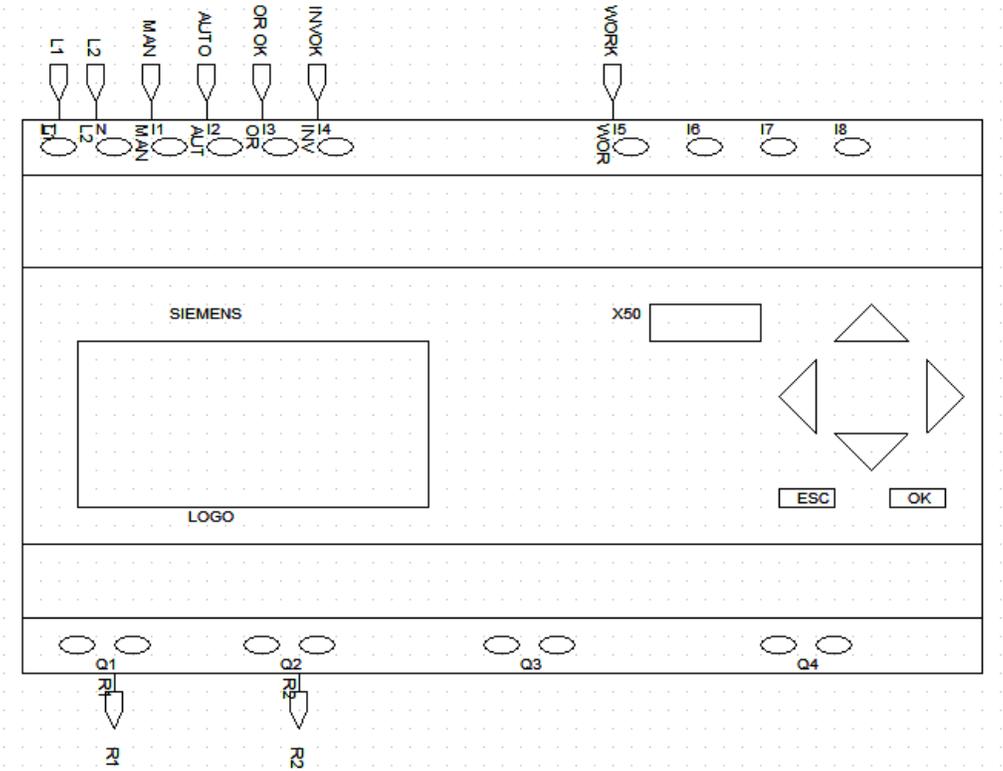


Figura 3 diagrama conexión control

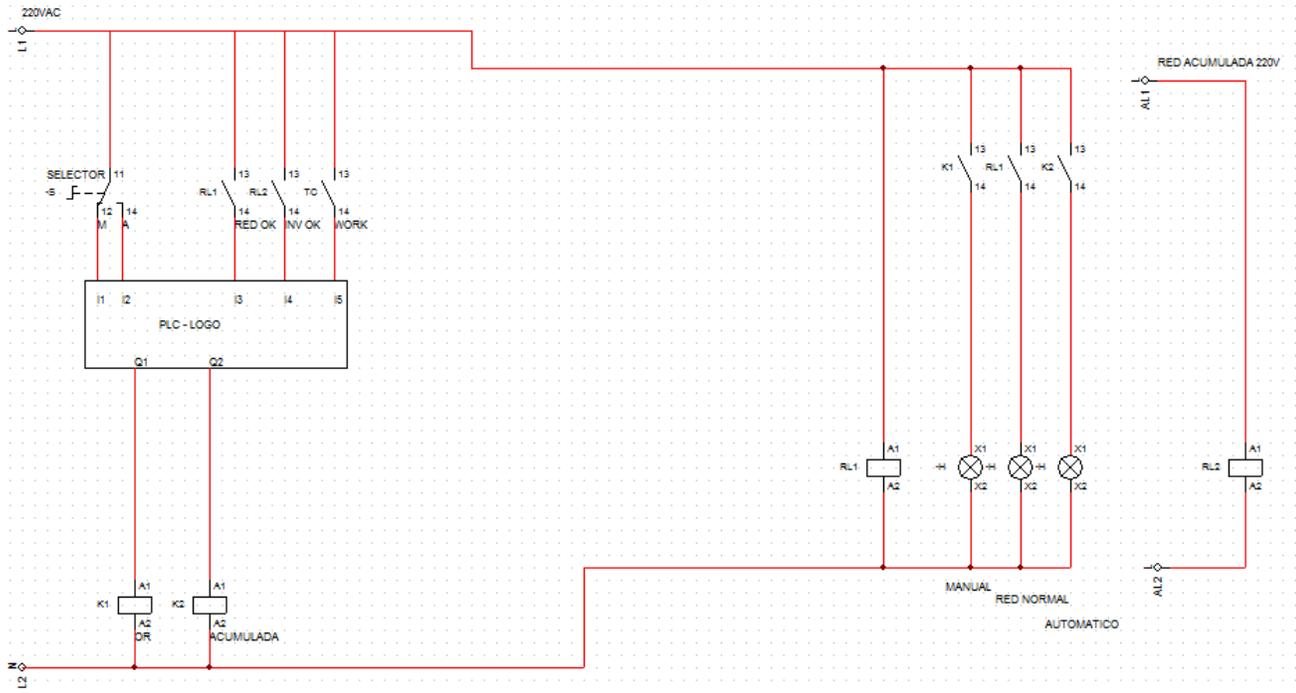
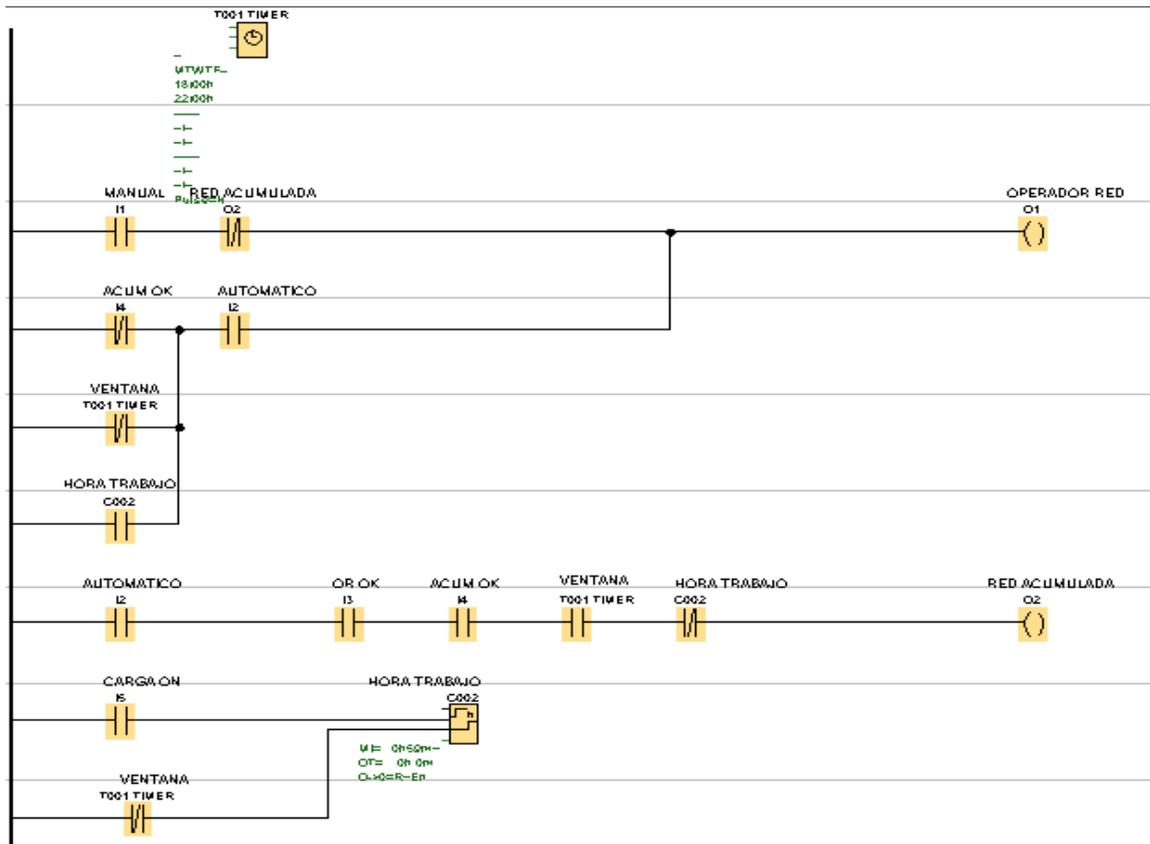


Figura 4 vista programa PLC en simulación



6 ANÁLISIS Y RESULTADOS

Generalmente el suministro de energía eléctrica proviene de la fuente de energía suministradas por el Operador de Red. Cuando se necesita garantizar continuidad en la electricidad a uno o varios equipos, se requiere integrar varias fuentes de suministro a través una transferencia eléctrica, que permita controlar el abastecimiento de energía desde una sola fuente a la vez, e incorporar inmediatamente la fuente respaldo ante la ausencia de la red del Operador.

Para el funcionamiento de la transferencia eléctrica, se debió garantizar inicialmente su operación manual. Esta condición permitió que el aire acondicionado Híbrido se alimentara desde la red del operador sin ninguna red acumulada de energía.

El funcionamiento en modo manual se logró activando el Contactor K1, desde el selector de modo de trabajo, del cual se hace referencia el en apéndice 4.1.

En el modo manual se pudo garantizar el funcionamiento del aire acondicionado Híbrido alimentado desde la red del operador. El voltaje de suministro del operador de red fue de 230 voltios AC.

Además de inhibir la alimentación del aire acondicionado Híbrido desde la energía acumulada, permitió garantizar condiciones de seguridad para las labores de mantenimiento o cambio de baterías, entre otros.

El modo manual en las transferencias eléctricas facilita las labores de mantenimiento y garantiza que no se suministre energía desde otras fuentes en situaciones que no sea necesario garantizar el servicio continuo de energía eléctrica a un equipo determinado.

El estado y la carga de las baterías se convirtieron en ruta crítica de funcionamiento de la red acumulada, pues de esto depende la disponibilidad del suministro de la energía alternativa a la red normal.

El voltaje de las baterías de la red acumulada es de 48 voltios DC y no puede estar por debajo de 40,8 voltios DC, de acuerdo con lo descrito en el apéndice 4.1.

Como resultado se obtuvo que el inversor dejó de suministrar energía eléctrica desde la red acumulada, al bajar el nivel de voltaje de las baterías a 40,8 voltios DC y el aire acondicionado Híbrido fue energizado desde la red normal, respondiendo al requerimiento del cuidado de las baterías. El tiempo de suministro de energía eléctrica desde la red acumulada fue superior a 60 minutos. Energizando el aire acondicionado Híbrido desde la red acumulada por más de 90 minutos, superando lo esperado, sin embargo se garantizara un trabajo efectivo de máximo 60 minutos, de acuerdo con el alcance propuesto en los objetivos.

En los sistemas de energía acumulada, tales como los UPS (sistemas no interrumpidos de potencia), el voltaje de las baterías es monitoreado constantemente, inclusive hace pruebas de

corriente, con el fin de generar una alarma al momento de detectar una falla en alguno de sus elementos del banco de baterías.

Los intervalos condicionados de trabajo permiten optimizar la utilización de equipos o el consumo efectivo de la energía eléctrica. Este caso se puede ver en el trabajo del alumbrado público que solo funciona en horas de la noche.

La habilitación del intervalo de trabajo entre las 18:00 y las 22:00 horas, de lunes a viernes, para la disposición del consumo de energía eléctrica desde la red acumulada garantizó que el aire acondicionado Híbrido sea utilizado en los horarios habituales de estudio nocturno de la I. U. Pascual Bravo, tema tratado a fondo en el apéndice 4.1,

La transferencia eléctrica suministró energía al aire acondicionado Híbrido desde la red acumulada, durante 60 minutos, manteniendo un voltaje por encima de 230 voltios AC.

La transferencia continuó energizada desde la red acumulada por más de 90 minutos en la ventana de trabajo ajustada, por tanto se condiciona a que solo suministre energía por 60 minutos en el intervalo horario, independiente que sea en trabajo continuo o intervalos de trabajo durante el horario habilitado anteriormente

Las transferencias eléctricas pueden ser programadas para el funcionamiento automático dentro los parámetros circunstanciales de cada situación. En distribución de energía las condiciones limitantes de tiempo no son utilizadas, sin embargo en el ámbito industrial en un 90% se les programa intervalos de tiempo, con el fin de evitar que los equipos electrógenos

ingresen a alimentar cargas en horas donde no hay producción, con el fin de no consumir combustible ocioso.

Los diseñadores de software y programas de automatización se apoyan en la simulación para verificar el funcionamiento del algoritmo a automatizar

Se considera como gestión de resultados la simulación general de la automatización de la transferencia para hacer correctivos necesarios y garantizar la puesta en marcha del equipo en óptimas condiciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos con la simulación en el software LOGO SOFT, se lograron los límites de los objetivos trazados, arrojando resultados favorables en el cumplimiento de las condiciones de trabajo:

- Voltaje de la Red acumulada en condición de trabajo
- Intervalo horario entre las 18:00 y las 22:00 horas. Ok
- Temporizador de trabajo hasta 60 minutos
- Condición de red normal. Ok
- Posición manual y automático del selector de trabajo. Ok
- Enclavamiento o interbloqueo entre la red de energía eléctrica normal y la red acumulada. Ok

En el ámbito tecnológico el avance de los sistemas de control en el mercado se puede encontrar equipos y elementos que se comunican inalámbricamente. Independientemente de la tecnología utilizar, la simulación permite visualizar el modo de operación de un programa que realizar el trabajo automático de un equipo.

Las interfaces Hombre maquina (HMI) permiten que la automatización sea el dialogo interactivo entre las necesidades del hombre y las funciones que ejecuta la maquina en procesos automatizados

Cumplir con las condiciones para el funcionamiento automático y habilitación de la red acumulada, no implica que la red acumulada suministre energía al aire acondicionado Híbrido, pues debe cumplir con las escenarios de nivel de voltaje de las Baterías, el suministro de la red normal del operador de red, el selector del sistema en modo automático y un horario de trabajo entre las 18 y las 22 horas, de lunes a viernes.

Dadas estas condiciones se logró la orden de cierre al Contactor K2 de la red acumulada, permitiendo fluir energía desde la fuente alternativa de corriente eléctrica instalada al aire acondicionado Híbrido.

Las condiciones eléctricas se mantuvieron estables durante los 60 minutos de trabajo establecidos. El voltaje de las baterías no bajo más de 6%, lo que garantizó un sistema normal de suministro de energía, (es decir, con voltajes de suministro desde el inversor para el aire acondicionado Híbrido entre 230 y 232 voltios AC), para la alimentación del aire acondicionado.

La transferencia continuó energizada desde la red acumulada por más de 90 minutos en el intervalo horario, donde transcurrido este tiempo las baterías disminuyeron su voltaje por debajo del 15% de su nivel nominal, es decir por debajo de 40,8 voltios, lo cual permitió que el aire acondicionado fuera energizado desde la red normal de energía eléctrica del operador.

En el ámbito del control y la automatización, al no cumplirse una condición de trabajo, las transferencias eléctricas deben optar por energizar el equipo carga desde una fuente que prevalece en condiciones normales de operación o condiciones de equipo alternativo en falla, además debe entregar alarmas de iluminación que permitan visualizar el estado de trabajo de la transferencia.

La automatización garantiza seguridad, agilidad de un proceso susceptible a errores humanos.

7 CONCLUSIONES

Se implementó el modelo de un sistema de transferencia eléctrica automática para el suministro de energía eléctrica a un aire acondicionado híbrido instalado en la I. U. Pascual Bravo.

En la realización del programa del PLC, se pudo solucionar unas de las condiciones requeridas del proyecto, para el funcionamiento en horas de la noche, en un intervalo horario y durante un tiempo específico.

La automatización de la transferencia eléctrica, se logró un sistema seguro, donde prevalece el consumo de la energía acumulada.

El trabajo logrado brinda confiabilidad y seguridad al intercambio de fuentes de alimentación de energía eléctrica para la unidad de aire acondicionado híbrido.

La selección de un sistema de automatización ajustado a las características del proyecto, permitió diseñar los esquemas eléctricos de potencia y control más convenientes, dando así confiabilidad del 99% y reduciendo el consumo de energía eléctrica del operador de red en un 25%.

8 RECOMENDACIONES

Encaminando el proyecto a uso racional y eficiente de la energía eléctrica, se presenta la oportunidad de aprovechar los puertos de comunicación para la integración de la información de consumos de energía desde las fuentes renovables para obtener datos del ahorro energético en relación con el suministro de energía del operador de red

Se podría lograr una mayor autonomía al implementar nuevos bancos de baterías

El PLC utilizado para el proyecto permite desarrollar un sistema de supervisión de la calidad de la energía

Las telecomunicaciones y el internet de las cosas (IOT), dan herramientas para aprovechar los datos entregados por los equipos de análisis de la energía y comportamiento de la transferencia, para visualizarlos a través de la plataforma web de la I. U. Pascual Bravo, desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Si en el gabinete de control donde se alojó el PLC, se pretende instalar otros equipos de consumo y potencia, es necesario implementar un control de temperatura, debido a la sensibilidad del PLC en ambientes que superen los 40 °C temperatura.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Arifujjaman, M. I. (2008). *Energy capture by a small wind-energy conversion system*.
Quaicoe J.E: Applied Energy 85.
- Cortez, p. l. (2012). Impacto Social De La Automatización. *INTRODUCCION A LA MECATRÓNICA*.
- deplantasdeluz.com.mx/que-es-tablero-de-transferencia. (s.f.).
- Duffie J. A, B. W. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes. *John Wiley & Sons*.
- Fotolia.com, E. p. (s.f.).
- Green, M. E. (2006). Solar Cell Efficiency Tables. *Progress in Photovoltaics*, 45-51.
- <http://automatizacion2008.blogspot.com.co/>. (2008).
- <http://bueno-saber.com/culturas/cultura-americana/definicion-de-los-interruptores-de-transferencia.php>. (s.f.).
- <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sistemas-de-control-automatico.pdf>. (s.f.).
- <http://www.comunicados.co/2015/05/como-esta-colombia-en-automatizacion.html>. (s.f.).
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Autom>. (s.f.).
- https://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial. (s.f.).

Sen, Z. (2008). Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. *climate change and renewable energy*.

www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/001/01/1/RA8-010actualizada. (s.f.).

10 ANEXOS

Los anexos de PLC LOGO y demás elementos se encuentran como archivos guardados en el medio digital entregado:

- MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA ACUMULADA
- MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL INVERSOR ZEFIROT
- MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL PLC LOGO SIEMENS
- PLANOS Y DIAGRAMAS