**II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL**

**“II CCI UCLV 2019”**

**Título**

**Análisis de los parques fotovoltaicos en las redes eléctricas de Santa Clara**

***Title***

***Analysis of the photovoltaic park in the electric networks of Santa Clara***

1-José Enrique Alonso Trimiño. ECIE, Cuba. [Joseenriquealonsotrimino@gmail.com](mailto:Joseenriquealonsotrimino@gmail.com):

2-Yandi Gallego Landela. yandigallego@gmail.com

3-Leonardo Casas Fernández. leonardocasasf@gmail.com

**Resumen:** La energía solar fotovoltaica (FV) ha ido teniendo un gran auge en los últimos años debido a la actual creciente demanda de energía eléctrica y los altos precios de los combustibles. Esta fuente inagotable de energía es cada vez más utilizada a nivel mundial; por lo que ha ido perfeccionándose continuamente, llegando a ser de gran interés para nuestro país desde hace décadas. En el presente trabajo se analizaron los dos parques fotovoltaicos instalados en la provincia de Villa Clara, de 1 MW cada uno, uno en la Universidad Central y otro en el Frigorífico; así como sus posibles conexiones en condiciones normales o de emergencia. El estudio fue realizado utilizando el *software* RADIAL, el que permite tener en cuenta, además de la evaluación de todos los parámetros operativos de la red, las pérdidas de energía y la generación de potencia reactiva por parte de los inversores de las instalaciones fotovoltaicas, en caso de que esto sea posible. Se valoró el ahorro tanto por reducciones de pérdidas, como por disminución de emisiones de CO2 a la atmósfera.

***Abstract:*** *The solar photovoltaic energy (FV) has been booming in recent years due to the current increasing demand for electrical energy and high fuel buildings. This inexhaustible source of energy is increasingly being used worldwide, so it has been continuously refining, becoming of great interest to our country for decades. The two photovoltaic parks in the Santa Clara province, each 1 MW one at the Central University and one in the Frigorific, were analysed in this paper. That way I can track their possible connections under normal or emergency conditions. The study was carried out using Radial software, which could take into account, in addition to the evaluation of all operational parameters of the network, the energy and the generation of reactive power by the investors of photovoltaic installations, if this is possible. Savings were valued both for loss reductions, and even for reduced CO2 emissions into the atmosphere.*

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, los gases de efecto invernadero y el deterioro de la calidad de vida del ser humano a causa del impacto generado por la contaminación producida por el sector industrial, son problemas que requieren de medidas a corto y mediano plazo para solucionarlos. Entre las soluciones que se han propuesto e implementado durante los últimos 20 años a nivel mundial está la generación de la energía demandada por los sectores residencial, comercial e industrial a partir de fuentes no convencionales y de carácter renovable que contribuyan significativamente con la disminución de emisiones nocivas para el medio ambiente.

En la actualidad, el mundo se encuentra en un periodo de crisis energética, ya que la producción mundial de combustibles fósiles tales como: petróleo, carbón y gas natural, se encuentran en decadencia, al haber alcanzado actualmente el límite de producción. Mientras tanto, la demanda de energía mundial no deja de aumentar. Durante los últimos años ha sido constante la alerta de organizaciones ecologistas y Naciones Unidas, basados en informes científicos, acerca de la escasez de recursos naturales frente al nivel de consumo mundial, la degradación del medioambiente y la urgente necesidad de abordar un desarrollo sostenible del planeta.

Diversificando la matriz energética, frenando la deforestación, reduciendo nuestra dependencia al petróleo, hacemos más competitiva y sostenible la economía mundial; el objetivo es que, con tecnologías amigables con el medio ambiente, también conocidas como tecnologías limpias, se puedan atender las necesidades y el bienestar de la población, tendiendo a un desarrollo equilibrado y sostenible. La energía solar es una gran alternativa teniendo en consideración que es una fuente gratuita e inagotable, limpia y amigable con el medio ambiente dado, que no genera emisiones nocivas ni gases contaminantes. Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja eficiencia de conversión. En consecuencia a su baja eficiencia, la energía es una fuente extensiva, todo lo cual significa que para mayor potencia, mayor extensión espacial de equipos de conversión.

La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar a otras formas de energía como calor y electricidad.

Uno de los métodos para la generación de electricidad, empleando como materia prima la energía solar, son los sistemas solares fotovoltaicos. En los últimos años, la producción de módulos fotovoltaicos se ha incrementado considerablemente y el precio de estos ha disminuido, por lo cual se está recurriendo a esta tecnología ,entre las que se encuentra la implementación de paneles fotovoltaicos.

Estos dispositivos tienen la función de transformar la radiación proveniente del Sol que atraviesa la atmosfera en energía eléctrica útil. Poseen cualidades como: su bajo costo de mantenimiento, generación de cero emisiones nocivas para el medio ambiente y facilidad de instalación y acoplamiento con las fuentes existentes de energía en el lugar de instalación [[1](#_ENREF_1)].

**Problemática**: En nuestro país la generación de energía desde hace varios años ha comenzado a cambiar su matriz energética, cambiando la generación a partir de combustibles fósiles por energías renovables. Según los especialistas, Cuba recibe un promedio de radiación solar superior a 1 800 kW.h/m2/año, lo cual avala las potencialidades existentes, por eso muchos proyectos futuros pretenden aprovechar más la energía solar. Con la inserción de los nuevos parques fotovoltaicos en el Sistema Energético Nacional (SEN) no se han realizado estudios de comportamiento de los circuitos pudiendo, esto traer consigo un incremento de las pérdidas; tampoco se han realizado estudios del comportamiento de la operación de estos circuitos ante situaciones de emergencia donde estos parques puedan brindar servicios a circuitos vecinos al que él se instaló. Según los datos ofrecidos por los especialistas del Despacho Provincial de Carga en la provincia de Villa Clara, en el año 2017 se consumieron aproximadamente 1 308 280 MW.h, en tanto que la generación alcanzó 439 445MW.h en el año, lo que significa que sólo se genera en la provincia el 33.59 % de lo que se consume. Los parques solares fotovoltaicos Frigorífico y UCLV surgieron por el interés de la Unión Eléctrica (UNE) de desplegar parques fotovoltaicos conectados a las redes eléctricas del SEN como vía para incrementar la capacidad de generación eléctrica instalada, diversificar las fuentes de generación reduciendo consumos de combustibles fósiles y atenuar la contaminación atmosférica asociada a su combustión, empleando la transformación directa en electricidad de la radiación solar, fuente renovable con manifestación estable y predecible en Cuba, que ha sido bien estudiada y caracterizada desde el punto de vista energético. Esto obedece al plan de Desarrollo de Energías Renovables, el cual destaca que en energía solar fotovoltaica se pretenden instalar 700 MWp que representen el 3.5% de toda la electricidad demandada en Cuba para el 2030. [2], [3], [4].

**Resultados y discusión**: En este trabajo se analizan las simulaciones de los circuitos donde se ubican los parques solares fotovoltaicos, UCLV y Frigorífico, que están conectados al Sistema Eléctrico Nacional, estos estudios permiten analizar los factores que influyen en la explotación de dichas instalaciones.

Se analizarán los resultados de las corridas que han permitido valorar los parámetros técnicos más importantes para la operación de dichos PFV, tales como las pérdidas de potencia activa, las pérdidas de energía, las transferencias por las líneas y los voltajes en los nodos, entre otros.

**Análisis UCLV**

Como bien se conoce, uno de los datos fundamentales para el análisis de energía en las redes, se apoya en los gráficos horarios de carga, razón por la cual las simulaciones se llevan a cabo con el software especializado RADIAL.

El PFV de la UCLV se localiza dentro de la red de 33 kV del entorno, donde confluyen cuatro líneas: la conexión de donde se alimenta normalmente, la 6375 que parte de la Sub Industrial 110/33 kV; la 6595 procedente de la Sub Camajuaní; otra, la 119 de la Sub Sta. Clara y la 1785 alimentada de la Sub Industrial, Figura1.1.

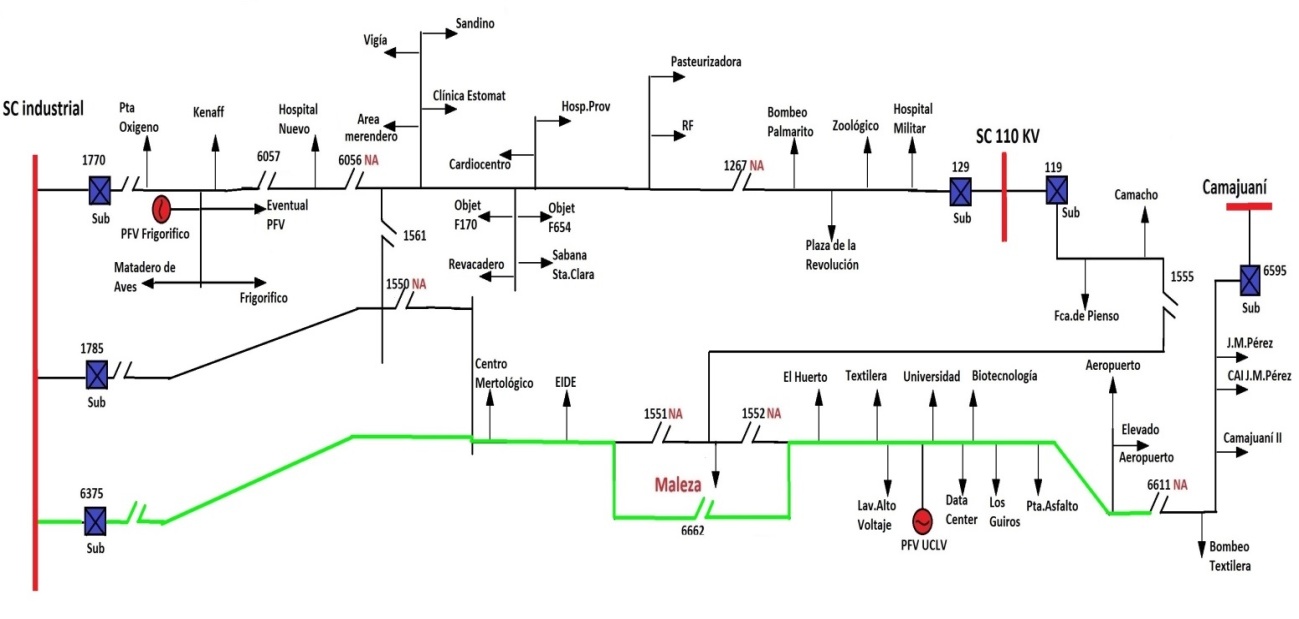


Figura 1.1: Circuito 6375 con la conexión del PFV UCLV

Como se puede apreciar, existen posibles conexiones que resultan de interés para analizar las diversas situaciones, tanto de operación normal, como de emergencia por el efecto del PFV UCLV sobre la red de 33 kV; algo novedoso que aparece en dicha red a partir de su entrada en servicio.

**Circuito 6375. Conexión actual del PFV UCLV**

El análisis para las posibles variantes de conexión se ha realizado mediante la comparación de los resultados de las corridas para los tres escenarios posibles:

**Operación normal.**

**Operación con el PFV generando solo potencia activa.**

**Con dicho panel entregando tanto potencia activa como reactiva, para el caso en el que los inversores pudieran operar bajo estas condiciones.**

En la Figura 3.1 se pueden observar los gráficos de carga sin y con el panel generando sólo potencia activa y como complemento del mismo. En la Figura 3.2, se aprecia la disminución de las pérdidas en las líneas.

Figura 1.2: Gráfico de carga del circuito 6375. P (kW) contra t (h).

Figura 1.3: Gráfico de pérdidas de potencia activa. P (kW) contra t (h).

La Figura 1.4 permite observar los gráficos horarios de carga ante la posibilidad de que el PFV entregue tanto potencia activa como reactiva.

Figura 1.4: Gráfico de carga del circuito 6375 con generación de potencia activa y reactiva. Q (kvar) contra t (h).

La Tabla 3.1 muestra, de forma resumida, los resultados más importantes a los que se ha hecho referencia.

Tabla 3.1 Universidad alimentada desde la Sub Industrial (6375)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Hora | P (kW) | Q (kvar) | ΔPlínea (kW) | ΔElínea (kW.h/día) |
| Sin Panel | 20 max | 6 110 | 2 526 | 78 | 1 064 |
| 12 | 5 486 | 2 305 | 62 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P | 20 max | 6 110 | 2 526 | 78 | 997 |
| 12 | 4 486 | 2 305 | 49 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P y Q | 20 max | 6 110 | 1 526 | 72 | 902 |
| 12 | 4 486 | 2 305 | 49 |

Con el objetivo de realizar una valoración más completa de lo que significa el ahorro de energía eléctrica, se incorpora, además de los beneficios económicos, el efecto que sobre la contaminación ambiental significa la disminución de las emisiones de CO2 a la atmósfera por la reducción de la generación de energía eléctrica. En su intervención en la Mesa Redonda de 12 de agosto del 2014, Alfredo López, Ministro de Energía y Minas, expresó que en el 2013 el factor de las emisiones fue de 1,127 g de CO2 por kW.h generado. La alimentación de la UCLV desde la Sub Industrial (6375), tal como se está realizando en la actualidad, opera con unas pérdidas de energía en líneas de 1064 kW.h/día. Como era de esperarse al estar PFV UCLV en una línea de 33 kV, y no en las barras de una sub 110/33, el PFV aporta un ahorro de energía adicional por reducción de pérdidas en líneas, de (1 064 – 997)\*365/1 000 = 24 MW.h/año equivalente a 1 590 CUC/año, y 24\*1,127 = 27 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

Si el PFV UCLV hubiera sido instalado con inversores capaces de generar potencia reactiva, el ahorro por disminución de pérdidas de energía en líneas, hubiera sido de (1 064 – 902)\*365/1 000 = 59 MW.h/año, 35 MW.h/año adicionales equivalente a 3 835 CUC/año, y 59\*1,127 = 67 t/año de CO2dejadas de emitir a la atmósfera.

Es de interés destacar que la disminución de pérdidas en líneas por la generación de potencia reactiva es mayor que por la acción de la generación de potencia activa. Así, se observa una disminución adicional de (997 – 902) = 95 kW.h diarios, superior a los (1 064 – 997) = 63 kW.h/día que se logra con sólo generar potencia activa. Esta situación se presenta también para los demás escenarios que se han estudiado, y se debe a que la curva del gráfico de la potencia activa y reactiva, Figura 3.1.1, es “más lleno” que el de la potencia activa, Figura 3.1.2.



Figura 3.1.1: Gráfico de carga diario del panel con potencia activa y potencia reactiva.



Figura 3.1.2: Gráfico de carga diario del panel con potencia activa pura.

**Circuito 119. Posible conexión del PFV UCLV en condiciones normales o de emergencia**

De una forma similar, los resultados del Circuito 119 de Sub Santa Clara se presentan a continuación con base a las Figuras 1.5, 1.6 y 1.7 y la Tabla 3.2.

Figura 1.5: Gráfico de carga del circuito 119. P (kW) contra t (h).

Figura 1.6: Gráfico de pérdidas de potencia activa. P (kW) contra t (h).

Figura 1.7: Gráfico de carga del circuito 119 con generación de potencia activa y reactiva. Q (kvar) contra t (h).

Tabla 3.2 Universidad alimentada desde la Sub Santa Clara 110 (Circuito119)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Hora | P (kW) | Q (kvar) | ΔPlínea (kW) | ΔElínea (kW.h/día) |
| Sin el Panel | 20 max | 12 692 | 7 167 | 318 | 3 966 |
| 12 | 11 345 | 6 479 | 247 |
|  | | | | | |
| Con el Panel generando P | 20 max | 12 692 | 7 167 | 318 | 3 829 |
| 12 | 10 345 | 6 479 | 218 |
|  | | | | | |
| Con el Panel generando P y Q | 20 max | 12 692 | 6 167 | 294 | 3 511 |
| 12 | 10 345 | 6 479 | 218 |

La alimentación de la UCLV desde la Sub Santa Clara 110 (119), ocasiona pérdidas en líneas de 3 966 kW.h/día. La reducción de pérdidas en líneas para este caso es de (3 966 – 3 829)\*365/1 000 = 50 MW.h/año equivalente a 3 250 CUC/año, y 50\*1,127 = 56 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

La disminución de pérdidas para este caso es mayor que en el caso de la alimentación desde el 6375 (24 MW.h/año); esto se debe a que la alimentación desde el circuito 119 se logra a expensas de mayores pérdidas, 1064 kW.h/día para el primer caso contra 3 966 kW.h/día para este, lo que no resiste la más mínima comparación. Esto solo se haría en condiciones de emergencia.

Con respecto al empleo de inversores con posibilidades de generar potencia reactiva, los resultados son los siguientes: (3 966 – 3 511)\*365/1 000 = 166 MW.h/año, 116 MW.h/año adicionales equivalente a 7 540 CUC/año, y 166\*1,127 = 187 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

**Circuito 6595. Posible conexión del PFV UCLV en condiciones normales o de emergencia**

De la variante de la alimentación desde Camajuaní por el Circuito 6595 se tienen los resultados que se muestran en las Figuras 1.8, 1.9 y 1.10 y la Tabla 3.3.

La alimentación de la UCLV desde la Sub Camajuaní (6595), se hace con unaspérdidas 3 627 kW.h/día, las que se reducen a 3 400 kW.h/día con un ahorro de (3 627– 3 400)\*365/1 000 = 83 MW.h/año equivalente a 5 386 CUC/año, y 83\*1,127 = 94 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

Si el PFV UCLV hubiera sido instalado con inversores capaces de generar potencia reactiva, el ahorro por disminución de pérdidas de energía en líneas, para el caso real de operación desde Sub Camajuaní, hubiera sido de (3 627 –3 048)\*365/1 000 = 211 MW.h/año, 128 MW.h/año adicionales, equivalente a8 342 CUC/año, y 211\*1,127 = 238 t/año de CO2dejadas de emitir a la atmósfera.

Figura 1.8: Gráfico de carga del circuito 6595. P (kW) contra t (h).

Figura 1.9: Gráfico de pérdidas de potencia activa. P (kW) contra t (h).

Figura 1.10: Gráfico de carga del circuito 6595 con generación de potencia activa y reactiva. Q (kvar) contra t (h).

Tabla 3.3 Universidad alimentada desde la Sub Camajuaní (6595)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Hora | P (kW) | Q (kvar) | ΔPlínea (kW) | ΔElínea (kW.h/día) |
| Sin Panel | 19 max | 10 902 | 5 459 | 260 | 3 627 |
| 12 | 10 286 | 5 163 | 228 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P | 19 max | 10 902 | 5 459 | 260 | 3 400 |
| 12 | 9 286 | 5 163 | 180 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P y Q | 19 max | 10 902 | 4 459 | 235 | 3 048 |
| 12 | 9 286 | 5 163 | 180 |

### **Circuito 1785. Posible conexión del PFV UCLV en condiciones normales o de emergencia**

Finalmente con la variante de alimentación desde la Sub Industrial con el Circuito 1785 se tienen los resultados que se muestran en las Figuras 1.11, 1.12 y 1.13 y la Tabla 3.4.

Figura 1.11: Gráfico de carga del circuito 1785. P (kW) contra t (h).

Figura 1.12: Gráfico de pérdidas de potencia activa. P (kW) contra t (h).

La alimentación de la UCLV desde la Sub Industrial (1785), se hace con unas pérdidas 1 570 kW.h/día, las que se reducen a 1 485 kW.h/día con un ahorro de (1 570– 1 485)\*365/1 000 = 31 MW.h/año equivalente a 2017 CUC/año, y 31\*1,127 = 35 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

Figura 1.13: Gráfico de carga del circuito 1785 con generación de potencia activa y reactiva. Q (kvar) contra t (h).

Tabla 3.4 Universidad alimentada desde la Sub Santa Clara Industrial (1785)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Hora | P (kW) | Q (kvar) | ΔPlínea (kW) | ΔElínea (kW.h/día) |
| Sin Panel | 19 max | 11 189 | 4 930 | 113 | 1 570 |
| 12 | 10 128 | 4 490 | 93 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P | 19 max | 11 189 | 4 930 | 113 | 1 485 |
| 12 | 9 128 | 4 490 | 76 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P y Q | 19 max | 11 189 | 3 930 | 105 | 1 362 |
| 12 | 9 128 | 4 490 | 76 |

Si el PFV UCLV hubiera sido instalado con inversores capaces de generar potencia reactiva, el ahorro por disminución de pérdidas de energía en líneas, para el caso real de operación desde Sub Industrial, hubiera sido de (1 570 – 1 362)\*365/1 000 = 75 MW.h/año, 45 MW.h/año adicionales equivalente a 2 920 CUC/año, y 75\*1,127 = 85 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

De las cuatro posibilidades analizadas, la alimentación actual (Circuito 6375) resulta la más ventajosa. Figura 1.1.

**Análisis Frigorífico**

El PFV Frigorífico también está localizado dentro de la red de 33 kV. Se encuentra conectado actualmente en el circuito 1770 (Figura 1.1) y tiene como posibles conexiones tanto en condiciones normales como de emergencia al circuito 1785, alimentado desde la sub Santa Clara Industrial, el cual se consideró como el de mayor interés para estos casos y el circuito 129 alimentado desde la sub Santa Clara, de ambos circuitos se analizó el 1785 por lo antes expresado.

El estudio del efecto del PFV Frigorífico sobre la red de 33 kV se lleva a cabo simulando estos dos circuitos, a los que se puede conectar dicho parque; para lo cual se cuenta, como en casos anteriores, con el software especializado RADIAL.

**Circuito 1770 de conexión actual del PFV Frigorífico**

Se puede apreciar el gráfico de carga del circuito 1770 Figura 1.1 con la conexión del parque y sin ella en la Figura 1.14.

Figura 1.14: Gráfico de carga del circuito 1770. P (kW) contra t (h).

Las pérdidas de potencia activa con el parque y sin él, se aprecian en la Figura 1.15.La proximidad del PFV Frigorífico a las barras de la Sub Industrial, unida a esta a través de tramos de línea muy cortos y por tanto con pérdidas mínimas, prácticamente no justifican un análisis similar al que se hizo para el PFV UCLV, el cual se encuentra a más de 10 km de la Sub. Las pérdidas de energía en líneas para las peores condiciones apenas son del orden de los 10 kW.h/día, por lo que los beneficios son prácticamente insignificantes.

Figura 1.15: Gráfico de pérdidas de potencia activa. P (kW) contra t (h).

Tabla 3.5 Frigorífico alimentado desde la Sub Industrial (1770)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Hora | P (kW) | Q (kvar) | ΔPlínea (kW) | ΔElínea (kW.h/día) |
| Sin Panel | 9 max | 1 638 | 804 | 0.42 | 5.87 |
| 12 | 1 515 | 736 | 0.36 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P | 9 max | 1 238 | 804 | 0.28 | 4.58 |
| 12 | 515 | 736 | 0.19 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P y Q | 8 max | 1 256 | -269 | 0.28 | 5.8 |
| 12 | 515 | 736 | 0.19 |

En la Figura 1.16 se muestra el parque solar fotovoltaico Frigorífico conectado al circuito 1770 generando potencia reactiva.

Figura 1.16: Gráfico de carga del circuito 1770 con generación de potencia activa y reactiva .Q (kvar) contra t (h).

Con el panel generando potencia reactiva, las transferencias en la mayoría de las horas son mayores. Por supuesto el signo sólo va a indicar que la transferencia se invierte. La generación sede potencia reactiva por parte de los paneles tiene que estar subordinada al voltaje; si éste sube mucho, se limita esa generación. Existe, sin embargo, un aspecto que se ha estudiado a lo largo de todo el trabajo y es el relacionado con la generación de potencia reactiva, pero que en este caso tiene que ser analizado desde el punto de vista del SEN, al menos a nivel provincial o regional, lo que queda fuera de los objetivos del trabajo.

**Circuito 1785 de posible conexión del PFV Frigorífico en condiciones normales o de emergencia**

Se puede apreciar el gráfico de carga del circuito 1785 con la conexión del parque y sin ella en la Figura 1.17.

Figura 1.17: Gráfico de carga del circuito 1785. P (kW) contra t (h).

La alimentación del Frigorífico desde la Sub Industrial (1785), sus pérdidas ocasionadas en las líneas son de (242 kW.h/día), su aporte de ahorro de energía adicional por reducción de pérdidas en líneas es de (242– 232)\*365/1 000 = 3.65 MW.h/año equivalente a 237 CUC/año y 3.65\*1,127 = 4 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera. Las pérdidas de potencia activa con el parque y sin él se aprecian en la Figura 1.18.

Figura 1.18: Gráfico de pérdidas de potencia activa. P (kW) contra t (h).

Tabla 3.6 Frigorífico alimentado desde la Sub Industrial (1785)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Hora | P (kW) | Q (kvar) | ΔPlínea (kW) | ΔElínea (kW.h/día) |
| Sin Panel | 12max | 6 157 | 2 921 | 16 | 242 |
| 12 | 6 157 | 2 921 | 16 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P | 18 max | 6 021 | 2 809 | 16 | 232 |
| 12 | 5 157 | 2 921 | 14 |
|  | | | | | |
| Con Panel generando P y Q | 18 max | 6 021 | 1 809 | 15 | 219 |
| 12 | 5 157 | 2 921 | 14 |

Si el PFV Frigorífico hubiera sido instalado con inversores capaces de generar potencia reactiva, el ahorro por disminución de pérdidas de energía en líneas, para el caso real de operación desde Sub Industrial, hubiera sido de (242 – 219)\*365/1 000 = 8.4 MW.h/año, 4.7 MW.h/año adicionales equivalente a 308 CUC/añoy 8.4\*1,127 = 9 t/año de CO2 dejadas de emitir a la atmósfera.

En la Figura 1.19 se muestra el parque solar fotovoltaico Frigorífico conectado al circuito 1785 generando potencia reactiva.

Figura 1.19: Gráfico de carga del circuito 1785 con generación de potencia activa y reactiva. Q (kvar) contra t (h).

**Conclusiones**

Resultan de gran interés los resultados que se han obtenido mediante los estudios realizados, entre los que se destacan aspectos, que no por ser un tanto evidentes, dejan de recalcar criterios básicos en el diseño y operación de los circuitos de distribución, entre los que se encuentran la gran diferencia que se produce entre instalar estas fuentes FV de generación (distribuida) en lugares próximos a los lugares de consumo de la energía eléctrica, y situarlas en lugares más alejados.

El otro acápite que resalta, es el referente a la posibilidad de tener la generación de potencia reactiva presente, como parte inseparable de estas instalaciones; tendencia que cada vez goza de mayor aceptación en todo el mundo.

Los gráficos horarios de generación de los PFV forzosamente tienen que tenerse en cuenta a la hora de estudiar el comportamiento y el efecto de estas fuentes sobre el entorno en que los mismos se localizan. Este hecho apunta a la proposición de un método, reglamento o serie de instrucciones que conduzcan a un resultado fiable, como el que aquí se expone, usando el software RADIAL ya que cumple satisfactoriamente con estos requisitos como se ha mostrado en este trabajo.

El efecto de los PFV sobre las redes de su entorno, tiene que ser valorado como elemento indispensable en la etapa de proyecto de estas instalaciones de generación distribuida, en la que hasta el momento han sido priorizadas, fundamentalmente, variables de interés urbanístico o agropecuario.

En este mismo aspecto, hay que tener en cuenta la posibilidad de revisar las estrategias de generación de potencia reactiva en la zona o región, donde estas instalaciones vayan a ser indicadas.

Los resultados de los dos PFV de la provincia de Villa Clara muestran a las claras las ventajas de su ubicación en cuanto a la distancia que presentan de las subestaciones de 110/33 para la colocación.

**Referencias bibliográficas**

[1] F. C. B., "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COLOMBIA," 2017.

[2] M. Solano-Peralta, "ESTADO ACTUAL DE LA ENERGÍASOLAR FOTOVOLTAICA ENLATINOAMÉRICA Y EL CARIBE," 19 de Marzo de 2015.

[3] Y. H. Milanés, "Estudio de Pre Factibilidad Técnico Económico y Financiero Programa de Instalación de 29 MW en Parques Solares Fotovoltaicos," Junio 2014.

[4] Y. A. G. Landela, "Análisis de la implementacion de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de las Villas," 2018.