

CASO DE ESTUDIO:

Sintetizadores magnéticos para la mitigación de caídas de tensión

Escrito por Ing. Mariana Chung Garita, 2025-06-30.

SINOPSIS

Las caídas de tensión, también llamadas en inglés *sags*, se consideran como uno de los tipos de interrupciones de la red más comunes y dañinos para la red eléctrica, ya que gracias a estos fenómenos se afecta el rendimiento de equipos, por ende su calidad y esto para industrias presenta pérdidas económicas. Existen diferentes métodos para mitigar estas interrupciones, en esta nota se explorará el uso de sintetizadores magnéticos como uno de ellos.

TEORÍA

Una de las variaciones más comunes en la red eléctrica son los famosos *sags*, los cuales se definen como reducciones en el voltaje RMS del 10% y el 90% del valor nominal que duran de 0.5 ciclos a 1 minuto, estas caídas de tensión afectan la calidad de energía eléctrica provocando fallos en equipos electrónicos [1] [2] [3] [4]. Para controlar y evitar estos fenómenos se han desarrollado varias tecnologías como UPS (*Uninterruptible Power Supply*), DVR (*Dynamic Voltage Restorer*) y sintetizadores magnéticos [5] [6].

Los sintetizadores magnéticos son dispositivos electromagnéticos diseñados para generar una señal de voltaje trifásica AC “limpia” [7]. Su funcionamiento es similar al de un transformador ferresonante, donde se utiliza un núcleo de acero magnético y bobinas enrolladas que reciben una corriente AC, dando como resultado un campo magnético que compensa las variaciones del voltaje resultando una salida de onda sinusoidal estable y constante. En su diseño un sintetizador magnético contiene transformadores ferresonantes [5]. Se consideran dispositivos para protección de cargas individuales entre 15 a 200 kVa.

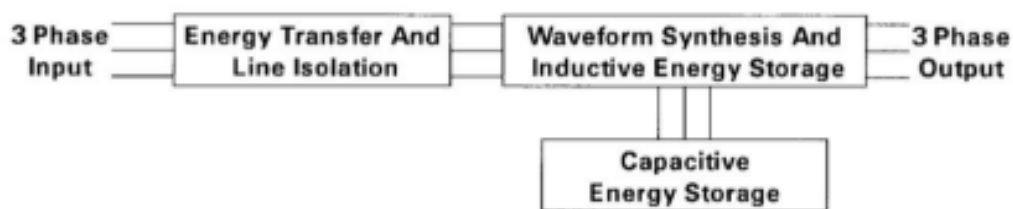


Figura 1. Diagrama de bloques de un sintetizador magnético

Por ende, estos aparatos ofrecen una excelente capacidad para soportar y mitigar caídas de tensión.

CASO DE ESTUDIO

Acondicionamiento de Energía para Electrónica de Control en una Planta Industrial [6]

Problema: Una planta industrial dedicada a la extrusión de tubería plástica enfrentaba interrupciones costosas en su producción debido a caídas de voltaje (*sags*) que estaban afectando los sistemas electrónicos de control.

Se realizaron varios estudios de voltaje, donde se identificó que las caídas de voltaje eran provocadas por fallas en otras líneas, asimismo se evaluó la sensibilidad de los equipos a las caídas de voltaje y la efectividad de la solución implementada. Se analizaron varios casos de solución siendo los sintetizadores magnéticos la mejor.

Solución: Se optó por implementar un sintetizador magnético ya que podía regular el voltaje de entrada de manera adecuada ($\pm 5\%$ variación de voltaje de entrada $\pm 40\%$), tanto su costo como mantenimiento comparado con las otras opciones era menor y había mayor confiabilidad al no ocupar partes móviles ni baterías.

120 V STUDY : VOLTAGE SAGS > 20% AND LONGER THAN 40 ms									
EVENT #	DATE (DD-MON)	TIME	DURATION (ms)			% SAG OF 120 V BASE			LINES AFFECTED
			A	B	C	A	B	C	
4	28-Jul	14:11:22	60	--	60	25.6%	5.8%	18.2%	0
5	30-Jul	15:09:21	55	--	55	23.9%	3.9%	17.9%	0
8	05-Aug	22:42:54	95	95	95	33.4%	30.6%	16.5%	0
12	07-Aug	12:49:57	75	75	75	16.1%	40.1%	33.7%	0
15	09-Aug	19:44:32	90	90	--	21.5%	10.1%	7.7%	0
16	10-Aug	01:47:47	65	--	65	16.3%	9.3%	39.1%	0
21	10-Aug	01:48:38	65	65	65	20.2%	17.2%	41.9%	2
27	18-Aug	11:11:15	125	125	125	24.2%	15.4%	52.2%	3
36	21-Aug	17:26:20	95	--	95	22.8%	9.3%	21.4%	0
37	22-Aug	16:39:10	45	--	45	12.7%	6.0%	24.1%	0
38	22-Aug	16:39:10	85	--	85	16.2%	8.9%	33.1%	0
40	22-Aug	16:39:11	75	75	75	36.2%	37.4%	38.8%	7
42	31-Aug	01:53:49	85	85	85	22.7%	24.1%	24.3%	0

Tabla I. Resultados en la planta después de colocar el sintetizador magnético [6].

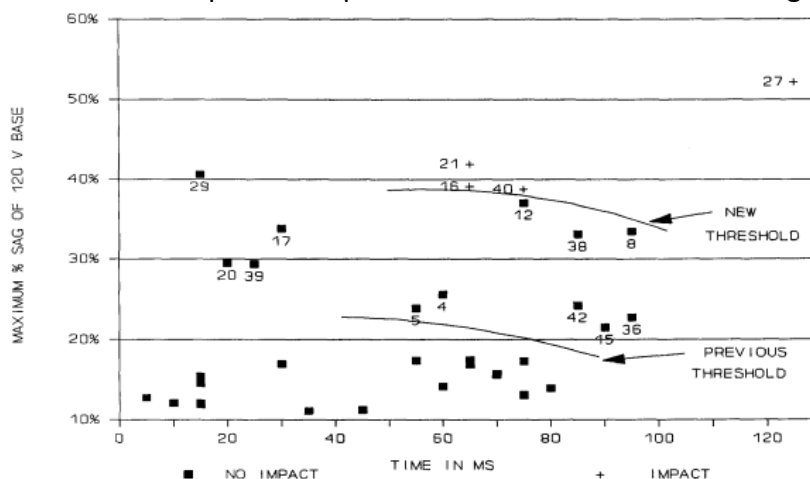


Figura 2. Diagrama de dispersión - Estudio en sitio [6].

Resultados: El sintetizador magnético logró mantener el voltaje de salida dentro de ± 2 V del nominal (120 V), incluso durante eventos de entrada con caídas superiores al 40%. Esto muestra su alta capacidad de regulación y su confiabilidad operativa para mitigar sags. Donde eventos como el 4, 5, 8, 12, 36, 38 y 42 hubieran afectado el sistema de control sin embargo con el sintetizador esto no sucedió y las líneas no fueron afectadas

CONCLUSIÓN

Los sintetizadores magnéticos demostraron ser altamente efectivos para mitigar eventos de caídas de voltaje, evitando daños en los sistemas y de equipos electrónicos.

A través del caso de estudio, se demostró que estos dispositivos logran mantener la estabilidad del voltaje de salida incluso ante caídas superiores al 40% en la entrada, evitando así la interrupción de líneas de producción y con esto protegiendo los sistemas electrónicos de control. Por lo tanto, los sintetizadores magnéticos no solo mejoran la calidad de la energía, sino que también contribuyen a la eficiencia de las instalaciones industriales evitando pérdidas económicas por eventos como los sags.

LISTA DE REFERENCIAS

1. B. Sawir, M. R. Ghani, A. A. Zin, A. H. Yatim, H. Shaibon, and K. L. Lo, "Voltage sag: Malaysian's experience," in *POWERCON '98. 1998 International Conference on Power System Technology. Proceedings (Cat. No.98EX151)*, Beijing, China, 1998, vol. 2, pp. 1421–1425. doi: 10.1109/ICPST.1998.729321.
2. R. Louzan, "Impact of voltage sags on industrial equipment," *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*. [Online]. Available: <https://www.icrepq.com/pdfs/LOUZAN442.pdf>
3. RRF, *Libro de curso: Calidad de energía eléctrica – Tema SAGS*, Editorial técnica especializada.
4. Dranetz, "Voltage sags and swells technical analysis," 2014. [Online]. Available: <https://www.dranetz.com/wp-content/uploads/2014/02/sags-and-swells.pdf>
5. C. J. Melhorn, A. Braz, P. Hofmann, and R. J. Mauro, "An evaluation of energy storage techniques for improving ride-through capability for sensitive customers on underground networks," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 33, no. 4, pp. 1083–1095, Jul.–Aug. 1997. doi: 10.1109/28.605752.
6. D. M. Chavoustie, "A case study in power conditioning the control electronics at an industrial facility," in *Proc. 1992 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, Houston, TX, USA, 1992, vol. 2, pp. 1254–1260. doi: 10.1109/IAS.1992.244401.
7. Maximize Market Research, "Global magnetic synthesizers market report." [Online]. Available: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-magnetic-synthesizers-market/71533/>
8. B. Parandhaman, "Voltage Sag and its Mitigation in Power Systems," *YouTube*, Jun. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=O1qiv4DYVfY>
9. L. A. Ray et al., "Early monitoring results of two voltage sag ride-through devices at a plastics extrusion plant," Jun. 1995.
10. S. Sharma and F. Singh, "Review on Power Quality Problem due to Sag," *Int. J. Recent Res. Aspects*, vol. 3, no. 1, pp. 73–75, Mar. 2016.