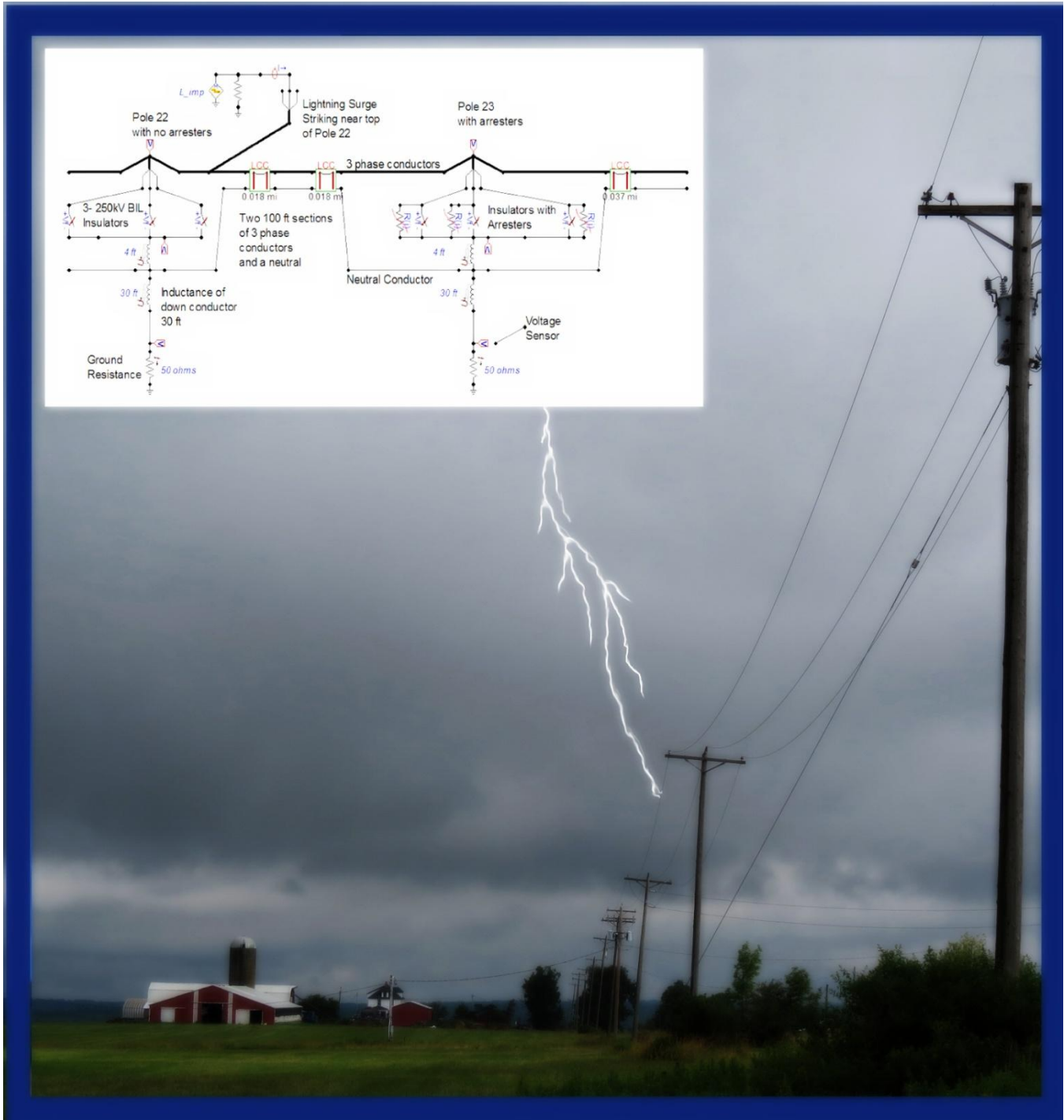


ArresterWorks

Respuestas del Sistema de Distribución para Golpes de Relámpago



7/23/2012

Respuestas del Sistema de Distribución para Golpes de relámpago

Por Jonathan Woodworth

ArresterWorks

Las líneas de distribución que se ejecutan a través del campo abierto son objetivos muy probables de la caída de rayos. Una vez que la línea se golpea, se genera una sobretensión que viaja en ambas direcciones en la línea que buscan un camino de baja impedancia a tierra. En su recorrido, puede dar lugar a muchos eventos eléctricos. El propósito de este artículo es dar al lector una mejor comprensión de lo que ocurre en un sistema de distribución de energía al ser golpeado por un rayo y explicar cómo y por dónde va una vez entra en el sistema.

Después del golpe, se crea una sobretensión y cuando llega a un polo, muy a menudo será quemado el aislante. Para entender mejor esto, echemos un vistazo a un sistema de distribución de uso común en los EE.UU. El sistema se compone de con cuatro cables en una horqueta sólidamente conectada a tierra, tres conductores y uno neutro. Para esta discusión, se trata de un sistema de 34,5 kV, con postes de madera de 34 pies de altura con un neutro a 30 pies. En aras de la simplificación, no hay transformadores de distribución en el sistema. Los conductores de fase están a 34 pies sin cable blindado en este sistema. La configuración física se puede ver en la Figura 1. Este sistema tiene su conductor neutro a tierra en cada poste.

Los siguientes casos fueron ejecutados utilizando el conocido programa ATP de análisis de transitorios. El ATP es una suite de software de código abierto que se utiliza en todo del mundo para este mismo tipo de análisis. Un circuito típico de ATP, utilizado en este análisis se puede ver en la Figura 2. Antes de analizar la huelga en todo el sistema, vamos a echar un vistazo más de cerca a las tensiones y corrientes cuando un rayo llega a un solo polo. La Figura 3 muestra un modelo de ATP uno de los polos.

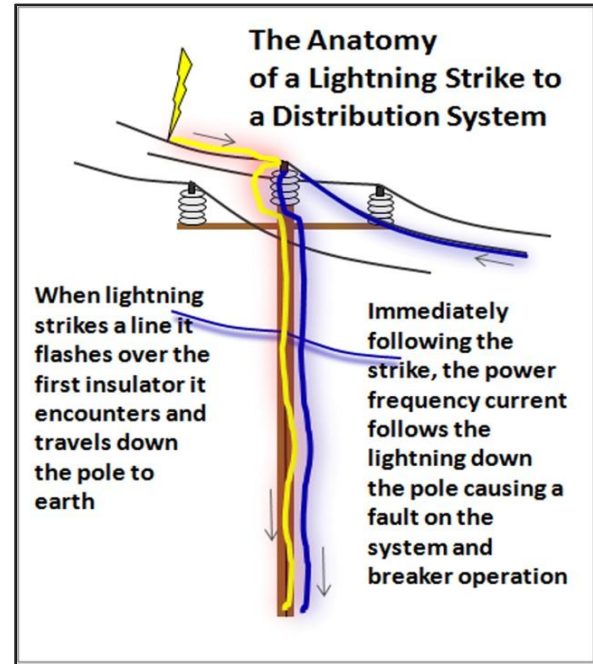


Figura 1. Sistema de distribución típica de cuatro cables multi-tierra.

Golpes de rayos desde las nubes son un fenómeno bien documentado, pero después de que entra en contacto con la tierra, la información se hace más escasa. Para este análisis de un polo presentado aquí, el relámpago golpea el conductor de fase B en la parte superior del poste y de inmediato el voltaje comienza a subir.

Dado que la impedancia característica de una línea de distribución es del orden de 300 ohms la tensión en la parte superior de la torre de un trazo 10, 000 amp rayo alcanzaría alrededor de 3.000.000 voltios (Figura 4). Normalmente, el aislamiento Nivel básico (BIL) de los aislantes es 250kV, tan pronto como el voltaje a través del aislante supera este valor, se quema. Al comienzo del golpe, la tensión en la base de los aisladores está cerca del nivel de tierra, por lo tanto toda la tensión del golpe pasas a través de los aislantes.

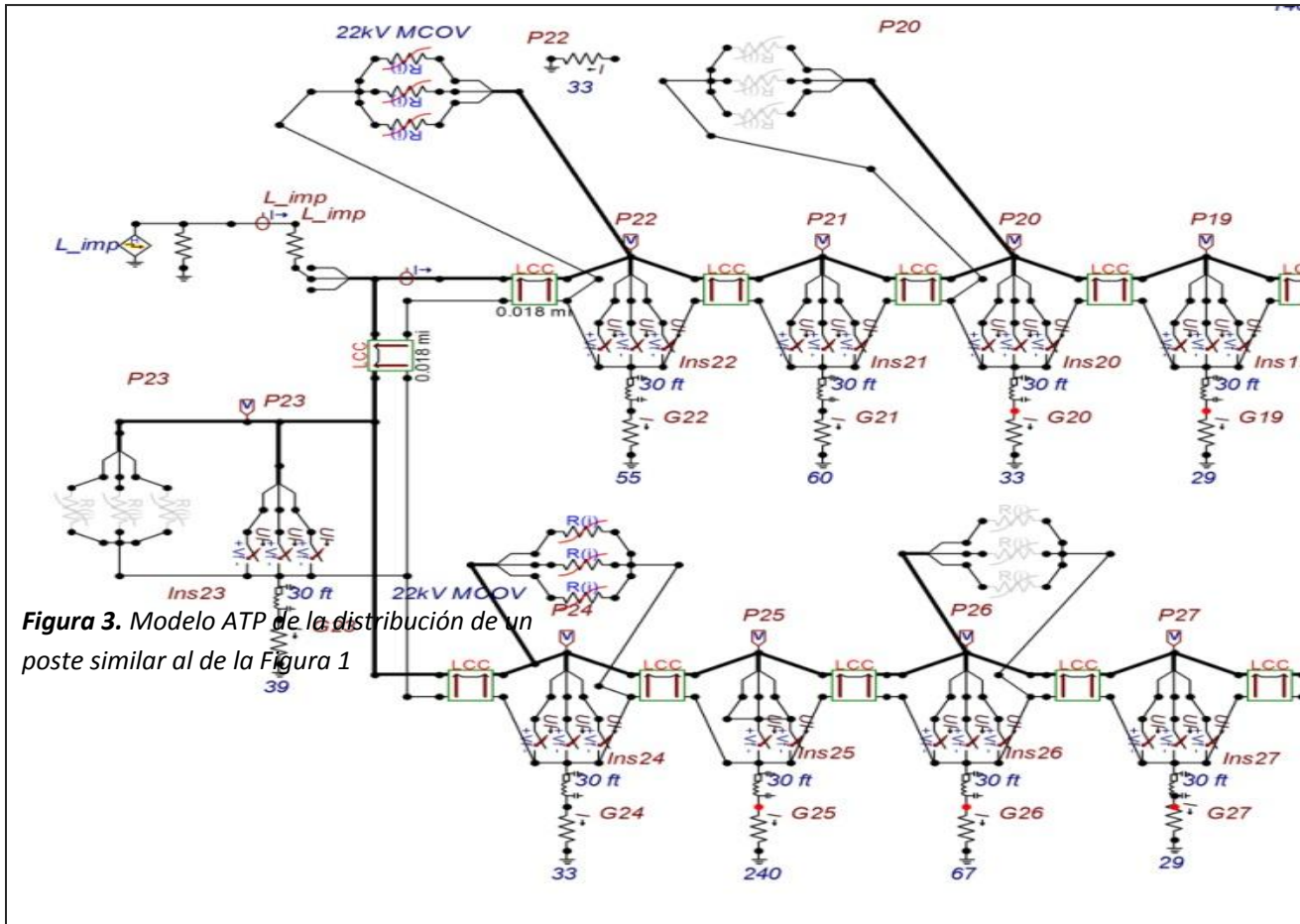


Figura 3. Modelo ATP de la distribución de un poste similar al de la Figura 1

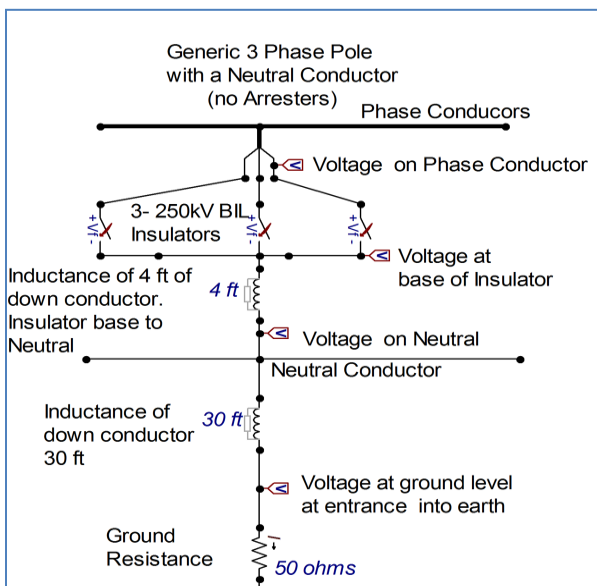
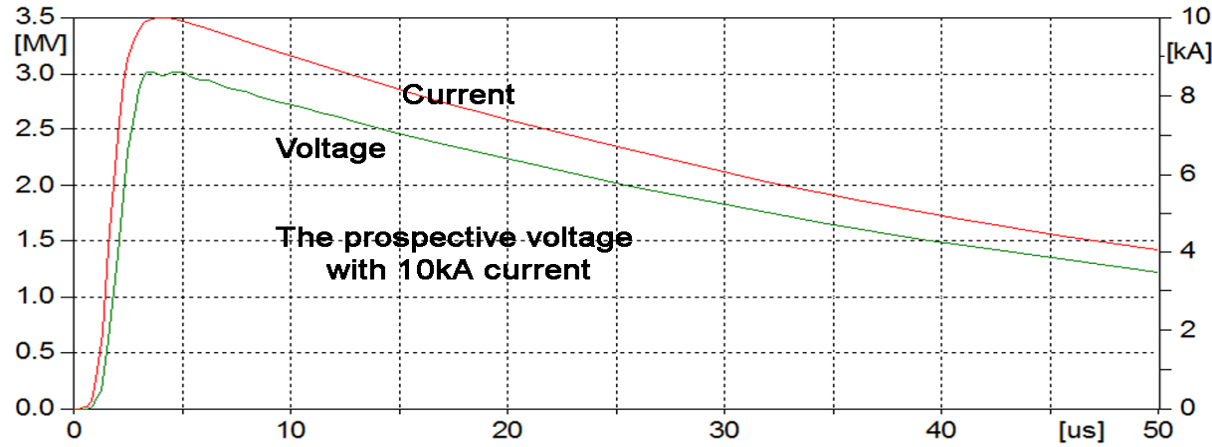


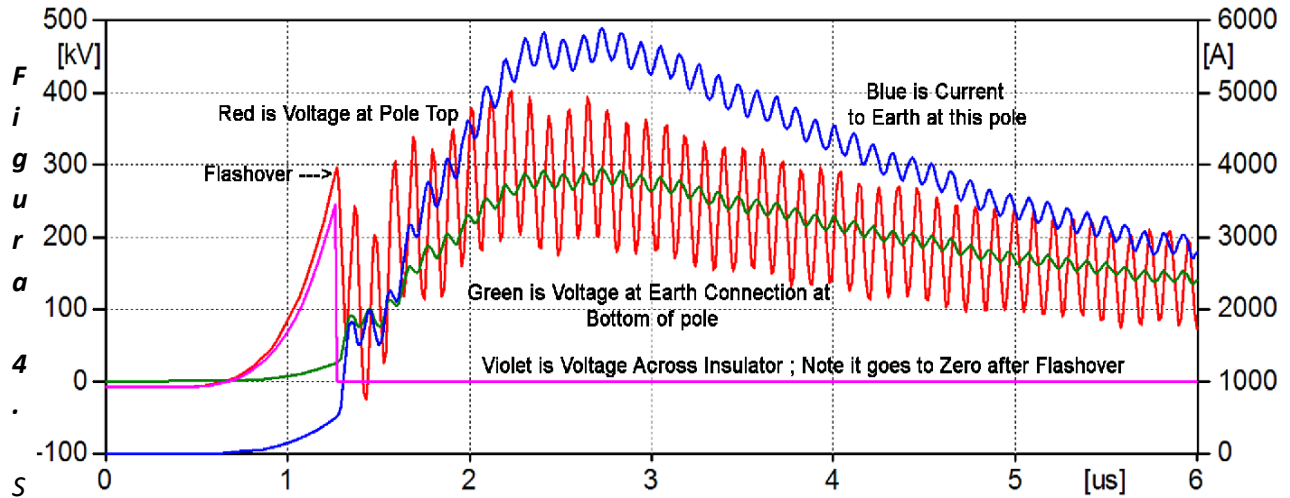
Figura 2. Modelo Típico ATP de una línea de distribución.

Después que los aislantes reciben daño de disrupción, es común pensar que la tensión en la parte superior del poste irá entonces al nivel de la tierra, sin embargo esto no es cierto. La Figura 5 indica que después de la descarga disruptiva, la tensión en la parte superior del poste sigue aumentando. Esto es debido al hecho de que el conductor de bajada del poste tiene resistencia en su interfaz a la tierra. El nivel de tensión en la parte superior de un polo durante la un rayo es una fuerte variable de la intensidad de la carrera y de la resistencia a tierra poste. En este caso, la resistencia de tierra es de 50 ohmios y la corriente abajo del poste es un poco menos de 6.000

amperios. Ley de Ohm simple nos dice que el voltaje a través de la resistencia de tierra será de



un mínimo de 300 kV, más la caída de tensión a lo lar



bretensiones de voltaje en la línea creada por la corriente de golpe y la línea de impedancia.

Figura 5. Voltage a various points on a distribution pole during a lightning event.

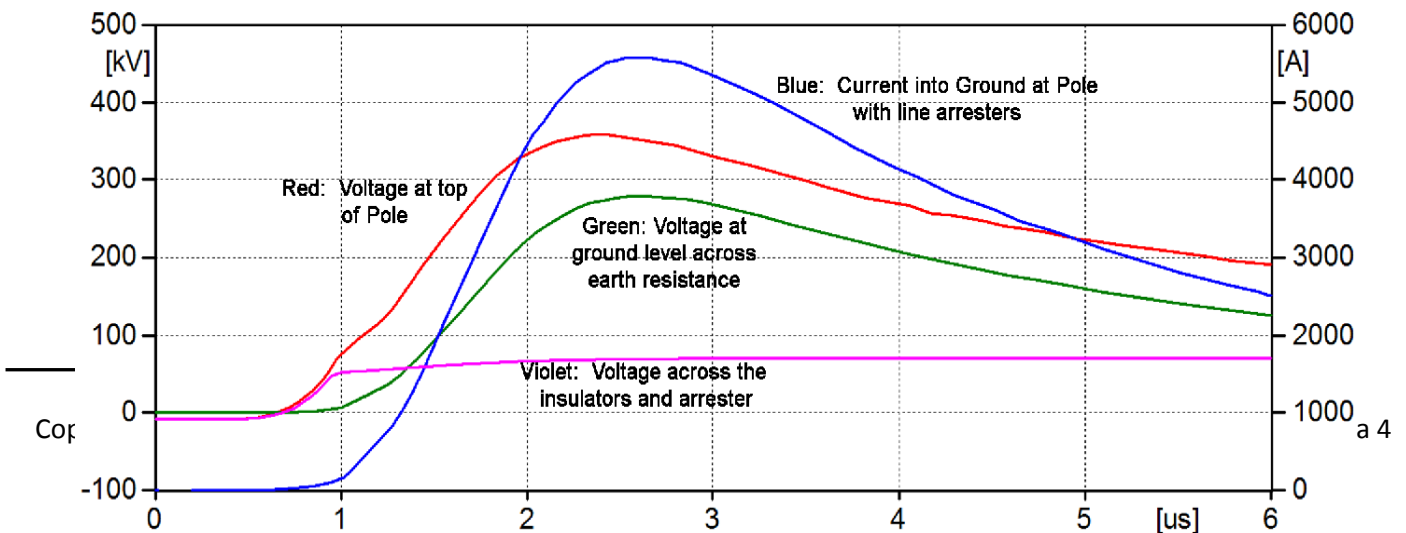


Figura 6. Mismo polo como en la figura 4, pero con un Supresor instalado a través del aislante.

Comparison of Pole Voltages and Currents							
		Pole 22 without Arresters			Pole 23 with Arresters		
Lightning Current Level→		10kA	30kA	50kA	10kA	30kA	50kA
Voltage at Top**	25 ohm ground	380kV*	875kV	1.4MV	246kV	620kV	940kV
Voltage across Ins		Flashover at all currents			71kV	79IV	87kV
Voltage at Gnd		285kV	808kV	1.28MV	169kV	490kV	766kV
Current into Gnd		5.7kA	16.5kA	26kA	6.2kA	19kA	30kA
Voltage at Top	50 ohm ground	400kV*	875kV	1.37MV	350kV	900kV	1.4MV
Voltage across Ins		Flashover at all currents			70kV	79kV	86kV
Voltage at Gnd		285kV	818kV	1.33MV	270kV	780kV	1.3MV
Current into Gnd		5.7kA	16.5kA	26kA	5.6kA	15kA	26kA
Voltage at Top	100 ohm ground	409kV*	867kV	1.38MV	493kV	1.25MV	2.02MV
Voltage across Ins		Flashover at all currents			69kV	78kV	84kV
Voltage at Gnd		307kV	847kV	1.37MV	419kV	1.14MV	1.9MV
Current into Gnd		5.7kA	16.5kA	27kA	4.2kA	11.5kA	19kA

*Significant Oscillations Peak Value taken see Fig 5
 **Locations of measurement points can be seen in Figure 2

Tabla 1. Perfil de voltaje a lo largo de un poste alcanzado por un rayo.

Cuando se ejecuta la misma simulación con disipadores en el poste (Figura 6), los niveles de tensión son muy similares. La única diferencia importante es que el aislante no sufre daño. La Tabla 1 muestra las diferentes tensiones y corrientes en dos polos idénticos, uno con y uno sin Supresores.

Información Evidente a partir de la Tabla 1:

1. La tensión en la parte superior del poste es una función de la corriente del rayo. Siempre, cuanto mayor es la corriente de golpe, mayor es la tensión en la parte superior del poste. Ignorando si el supresor arde por la descarga disruptiva o la conduce e inhibe.
2. La tensión en la parte superior poste es también una variable de la resistencia del conductor de bajada en su interfaz para conectar a tierra (resistencia de tierra).
3. El potencial de voltaje experimentado en el nivel del suelo es casi tan alta como la tensión en la parte superior del poste durante la un rayo.

Respuesta del Sistema Completo a un Golpe de Relámpago

Una pregunta muy común en la industria, es la frecuencia con se deben instalar disipadores en una línea (una sin equipo) para darle protección contra los rayos. En América del Norte, hay una regla común que dice instalar 4 juegos de disipadores por milla o cada 4 o 5 tramos para mejorar el desempeño del rayo. Esta práctica parece haber existido desde la antigüedad en los sistemas de energía. Vamos a explorar esto aún más con el circuito tal como se muestra en la Figura 2.

Para este análisis, un circuito de 31 postes se utiliza con diferentes resistencias de tierra. La distancia de amplitud es constante a 200 pies. La ubicación del golpe es siempre cerca de la parte superior del poste 23 en la fase B, pero los

descargadores están situados en varios lugares. Hay que tener en cuenta que cuando hay supresores conectados a todas las fases en un poste, los aisladores en ese poste no tienen descarga disruptiva. La Tabla 2 muestra los resultados.

quemarse con corrientes de rayo mínima de 50 kA. Con corrientes mayores, las tres fases pueden experimentar daño, incluso cuando el golpe afecta sólo una fase.

b) El rayo golpea la fase B cerca del polo sin protección, hay descarga disruptiva de la fase golpeado por corrientes tan bajas como de 10 kA (quizás menos). En Los polos protegidos adyacentes









Pole Location			Pole 18	Pole 20	Pole 22	Pole 23	Pole 24	Pole 26	Pole 28
Distance from Pole 23 (ft)			1000	600	200	0	200	600	1000
Pole Ground Resistance Ohms			33	33	55	39	33	67	33
Case	Stroke Current to 23B	Phase	Surge is always Pole 23 Phase B						
1	20kA	A	Arr	No FO	No FO	FO	No FO	No FO	Arr
		B	Arr	No FO	No FO 	FO	No FO	No FO	Arr
		C	Arr	No FO	No FO	FO	No FO	No FO	Arr
2	20kA	A	Arr	No FO	No FO	Arr	No FO	No FO	Arr
		B	Arr	No FO	No FO 	Arr	No FO	No FO	Arr
		C	Arr	No FO	No FO	Arr	No FO	No FO	Arr
3	50kA	A	Arr	No FO	No FO	Arr	No FO	No FO	Arr
		B	Arr	No FO	FO 	Arr	FO	No FO	Arr
		C	Arr	No FO	No FO	Arr	No FO	No FO	Arr
4	70kA	A	Arr	No FO	FO	Arr	FO	No FO	Arr
		B	Arr	No FO	FO 	Arr	FO	No FO	Arr
		C	Arr	No FO	FO	Arr	FO	No FO	Arr
5	70kA	A	No FO	Arr	FO	FO	FO	Arr	No FO
		B	No FO	Arr	FO 	FO	FO	Arr	No FO
		C	No FO	Arr	FO	FO	FO	Arr	No FO
6	30kA	A	No FO	Arr	No FO	No FO	No FO	Arr	No FO
		B	No FO	Arr	FO 	FO	FO	Arr	No FO
		C	No FO	Arr	No FO	No FO	No FO	Arr	No FO
7	10kA	A	No FO	Arr	No FO	No FO	No FO	Arr	No FO
		B	No FO	Arr	No FO 	FO	No FO	Arr	No FO
		C	No FO	Arr	No FO	No FO	No FO	Arr	No FO
8	10kA	A	No FO	No FO	Arr	No FO	Arr	No FO	No FO
		B	No FO	No FO	Arr 	FO	Arr	No FO	No FO
		C	No FO	No FO	Arr	No FO	Arr	No FO	No FO

Tabla 2. Resultados de los estudios de caso muestran diversas respuestas del sistema a golpe en el polo 23 B fase

Conclusiones de los casos de la Tabla 2

De estos ocho de la Tabla 2, varias se pueden sacar conclusiones sobre la ubicación de los supresores y la protección que proporcionan al sistema.

- 1- Si Supresores están montados en cada otro poste y:
 - a) el golpe de rayo cerca a la parte superior del poste con supresor, no hay descarga disruptiva del poste protegido, pero ambos postes adyacentes pueden

no hay descarga disruptiva.

2-Con disipadores 5 tramos de distancia, y un rayo cae sobre una polo protegido, ese polo no experimentará una combustión súbita, pero ambos polos adyacentes pueden sufrir interrupción dependiendo de la corriente.

3- Con disipadores situados a 6 tramos de distancia, (200 pies por tramo) y la caída de rayos en poste central, será combustión súbita de corrientes tan bajas como de 10 kA (casos 5,6,7)

Análisis de medio lapso de golpe

Para el último ejemplo en este estudio separación descargador, la huelga se dirige al centro del espacio entre los postes 22 y 23. Polo 23 está protegido con disipadores, mientras que poste 22 no está protegido (Figure 2). Como se predijo a partir de los casos anteriores, la tensión en la parte superior de los polos se elevará a niveles muy altos incluso si la sufren

tierra, la tensión en una parte superior del poste puede alcanzar varios millones de voltios.

3- La principal lección aprendida aquí es que si un rayo cae sobre un conductor de fase cerca de un poste que está protegido por un Supresor y los polos adyacentes no están protegidos, el polo protegido no experimentará combustión por descarga sino niveles promedio de corriente, la descarga disruptiva se trasladará a un poste cercano desprotegido.

4- Si se instalan supresores mediante la regla de cuatro por milla, el poste con Supresores no sufrirá daños generalizados, pero la descarga disruptiva por lo general pasará al primer poste sin protección. Por desgracia, es muy posible que en un sistema con una alta resistencia a tierra, pararrayos utilizando esta regla resultará en ninguna mejora en

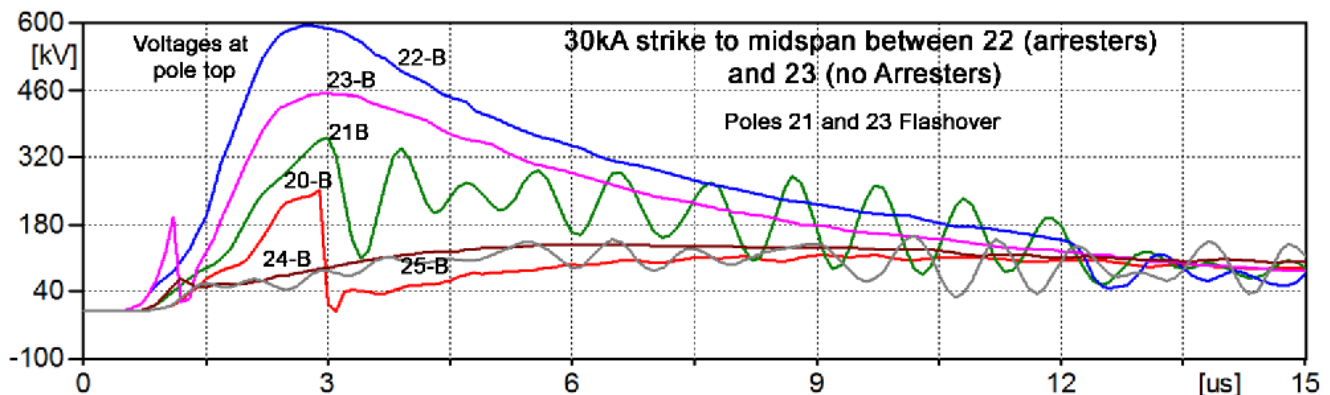


Figura 7: Voltajes en la fase B a lo largo de la línea con un golpe de 30 kA de midspan entre Polos 22 y 23

disrupciones o tienen disipadores supresores instalados.

la tasa de interrupción de energía.

Conclusiones Generales

1-Se puede observar a partir de los ejemplos anteriores que un rayo tiene varias rutas de acceso una vez que entra en el sistema de energía.

2- La resistencia de tierra de un poste y la magnitud del golpe del rayo determinan el nivel de voltaje en la parte superior del poste. Pues aún con bajas corrientes del rayo y resistencias normales en

5- Parece que la única manera eficaz de proteger a una línea sin escudos, como se ha configurado aquí, es instalar pararrayos en cada poste, algo menor que eso tendría un muy bajo rendimiento de la inversión. (Esta conclusión se ve corroborada en IEEE 1410 sección 7.3, "Guía para Mejorar el Desempeño del relámpago en Líneas de Distribución".)

Resumen

Una vez que la carga de la un rayo entra en un sistema de distribución, tiene muchas opciones sobre la manera de actuar. La configuración de la línea sin embargo, es de lo que depende el destino de las sobretensiones y afortunadamente para nosotros, estas pueden ser controladas efectivamente. Por tanto, los aislantes no tienen que quemarse y las líneas no tienen por qué fallar durante una tormenta si las configuraciones de línea se seleccionan apropiadamente.

ArresterFacts

Son una recopilación de datos acerca de supresores para ayudar a todos los interesados en la aplicación y la comprensión de supresores. Todos ArresterFacts asumen un conocimiento básico de protección contra sobretensiones de los sistemas de energía; Sin embargo, siempre nos complace tener la oportunidad para ayudar a un estudiante en la obtención de su objetivo, así que por favor llámenos si tiene alguna pregunta. Visite nuestra biblioteca de ArresterFacts para más lectura sobre temas de interés para los que participan en la protección del sistema de energía en: www.arresterworks.com

Acerca del Autor

Jonathan comenzó su carrera después de recibir su título de Licenciado en Ingeniería Electrónica por el Instituto de Tecnología de Ohio, en el Laboratorio Nacional Fermi en Batavia, IL. Como un ingeniero físico en Fermi Lab, fue un miembro integral del equipo de alta energía física de partículas en busca de la escurridizo quark. Deseoso de regresar a su estado natal, se unió al equipo de ingeniería de diseño en McGraw Edison (más tarde de Cooper Power Systems) en Olean, Nueva York. Durante su permanencia en Cooper, se vio involucrado en el diseño,



desarrollo y fabricación de supresores. Se desempeñó como Gerente de Ingeniería, así como Gerente de Marketing de Supresores durante ese tiempo. Jonathan ha estado activo durante los últimos 30 años en las asociaciones de estándares IEEE e IEC. Jonathan es inventor/co-inventor de cinco patentes de los EE.UU. y recibió su MBA de la Universidad St. Bonaventure.

Jonathan Woodworth
Ingeniero Consultor
de ArresterWorks

www.arresterworks.com

jonathan.woodworth@arresterworks.com

+1.716.307.2431