مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

أثر الحقول الكهرطيسية الناتجة عن قناة البرق على التجهيزات الكهربائية وكيفية الحماية منها (الحماية الداخلية)

الدكتور محمد رسلان زهيرة*

❐ الملخّص ❐

إن تصميم وتركيب نظام حماية من الصواعق يتطلب معرفة طبيعة الصاعق وآلية انتشار الحقول الكهربائية المرافقة لها؛ عندها نستطيع تصميم نظام حماية سهل وبسيط جداً مكون من نظام حماية خارجي ونظام حماية داخلي.

علماً بأن كلفة هذه النظم ليست كبيرة جداً، حيث يعتمد نظام الحماية الداخلي على مجموعة من الاجراءات الواجب أخذها بعين الإعتبار عند تركيب نظام الحماية الخارجي؛ بالإضافة إلى عدد من التجهيزات عند حماية بعض التجهيزات الحساسة.

أما نظام الحماية الخارجي فقد اتفقت معظم النظم العالمية بأنه لا يوجد بديل عن نظام قفص فراداي وقضيب فرانكلين.

* مدرس في قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

The Effect of Electromagnetic Fields by Lightening Tunnel on the Electrical Equipment and How to avoid it (Inside Protection)

Dr. Mohammad ZHIRH*

❐ ABSTRACT ❐

Designing and assembling protecting system of dumbfounding needs to know the nature of the dumbfounding and how the accompanied electrical fields spread then we can design an easy and so simple protect in systems consist of out side protect in systems and inside one.

Since the cost of these systems is not so much, as the inside protection system depends on many executions that should be considered when out side protection system is assembling in addition to many experiments when protection some sensitive experiments.

While most of the international systems agreed that there is no alternate of Faraday net and Franklin bar about the out side protect systems.

* Lecturer at Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

من المعروف أن الأضرار الناتجة عن الانفراغات البرقية تسببها الإصابة المباشرة بصاعقة لمنشأ ما، لذلك يصمم ويركب نظام حماية من الصواعق على المنشآت لإلتقاط شحنة الصاعقة وتفريغها في مكان محدد في الأرض لكن إلتقاط شحنة الصاعقة لايعني بشكل من الأشكال التخلص من أخطارها بل تبدأ في هذه اللحظة مجموعة من المشاكل الخطيرة. إذ تسبب الحقول الكهرطيسية المنتشرة عن قناة الإفراغ توليد توترات كبيرة جداً في الأجهزة الكهربائية المتواجدة بالقرب من مكان الانفراغ مما يؤدي إلى انهيار عازليتها وبخاصة عازلية الأجهزة الحساسة التي تعمل على بضع فولتات.

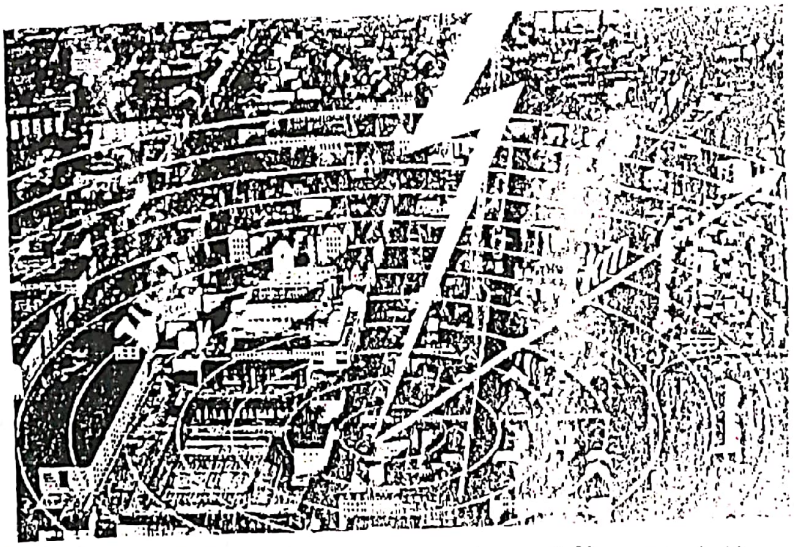
إن تفادي أثر هذه الحقول يتطلب مجموعة من الإجراءات والتجهيزات التي سنتعرض لها وهذا ما يعرف بالحماية الداخلية إذ يقسم نظام الحماية من الصواعق في جميع الأنظمة العالمية المتعددة[1، 2] إلى:

-حماية خارجية والمقصود بها نظام قص فرادي أو قضيب فرانكلين

-حماية داخلية والمقصود بها التخلص من أثر الحقول الكهرطيسية المنتشرة في قناة البرق

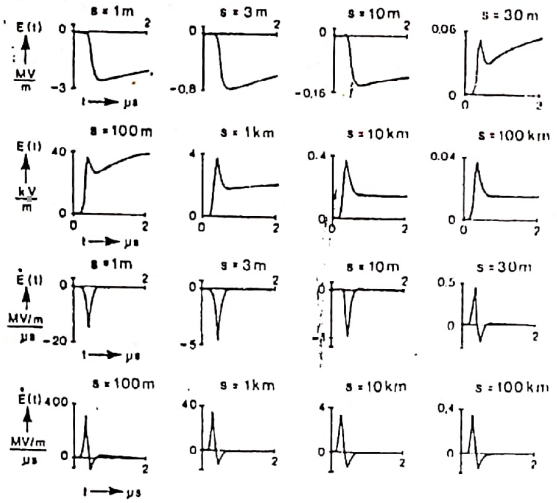
2- انتشار الحقول الكهرطيسية والخسائر الناتجة عنها

أكدت الدراسات أن الأجهزة الكهربائية البعيدة بمقدار /1/ كم عن مكان الانفراغ يمكن أن تتأثر بالحقول الكهرطيسية المنتشرة عن قناة البرق (الشكل 1) وتذهب بعض النظم العالمية إلى أبعد من هذه المسافة ب 1.5 كم[3].



الشكل (1) مسافة انتشار الحقول الكهرطيسية الناتجة عن قناة البرق.

شدة الحقل تقل كلما ابتعدنا عن مكان الانفراغ. يبين (الشكل 2) العلاقة بين شدة الحقل الكهربائي في E(t) وتغير هذا الحقل E′(t) على سطح الأرض والبعد بين مكان الإصابة.



الشكل 2 شدة الحقل الكهربائي E(t) وتغيره الزمني E′ (t) على سطح الأرض

والشكل (3) يبين علاقة شدة الحقل المغناطيسي H(t) وتغيره الزمني H′ (t) بالبعد عن مكان الانفراغ.

إن شدة الحقل الكهربائي في نقطة ما تبعد عن مكان الإصابة بالمسافة S تعطى بالعلاقة التالية:[4]

$$E(t)=\frac{1}{2\pi\varepsilon_{\circ}.c}\times\left[\left(1+\frac{V}{c}\right)\times i_{\circ}\left(\left[1+\frac{V}{c}\right]t\right)-i_{\circ}(t)\frac{V}{m}\right]$$

أما شدة الحقل المغناطيسي فتعطى بالعلاقة:

$$H(t)=\frac{1}{2\pi\varepsilon_{\circ}.c}.\frac{1}{s}\left[\left(1+\frac{V}{c}\right).i_{0\circ}\left(\left[1+\frac{V}{c}\right]t\right)-i_{0}(t)\frac{A}{m}\right]$$

حيث: c: سرعة الضوء وتساوي 300×10^{6} m/s

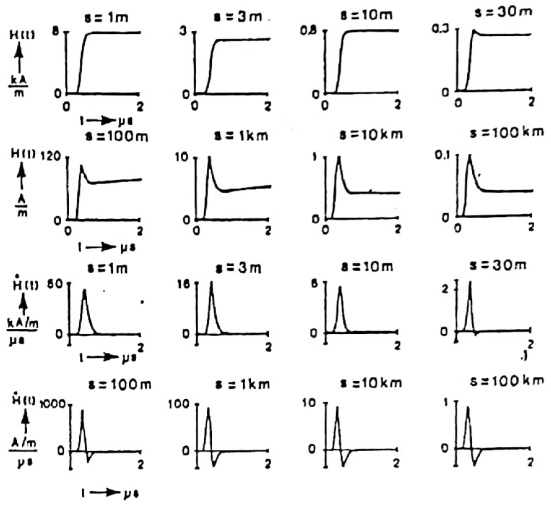
i: تيار الصاعقة في نقطة الاصابة

s: المسافة عن مكان الاصابة

t: الزمن بالثانية

V: سرعة قناة الاقراغ الرئيسية ب متر/ثا

ε_o: ثابت العازلية



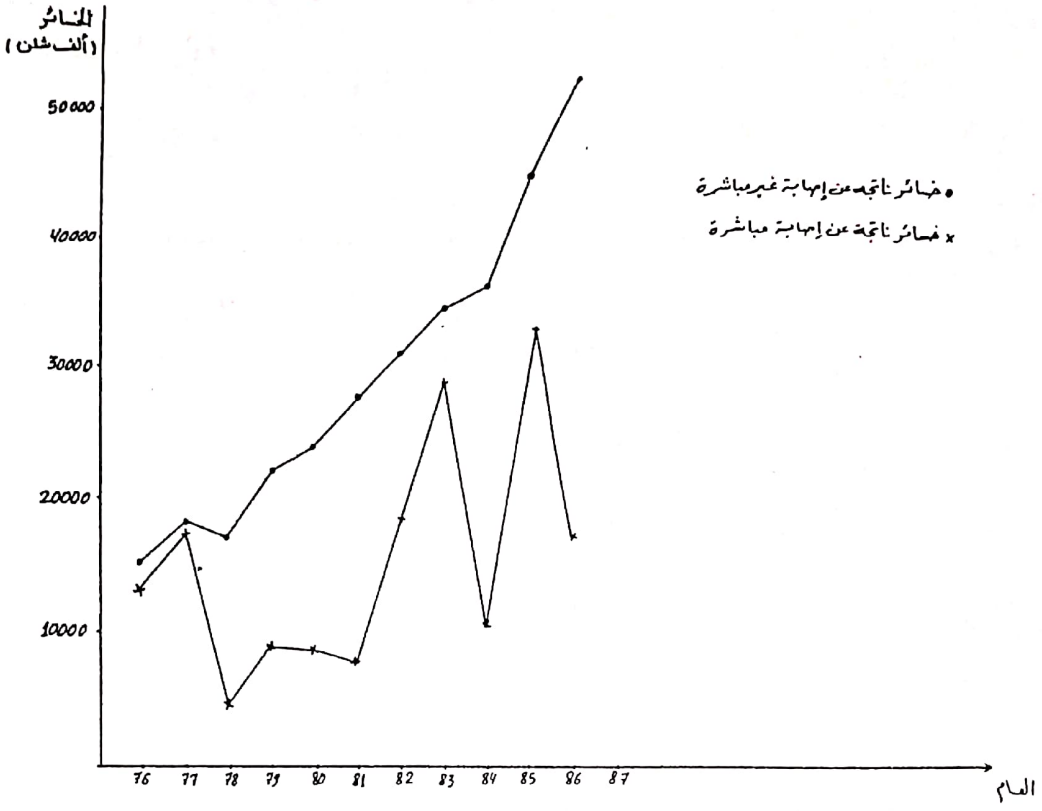
الشكل (3): شدة الحقل المغناطيسي H(t) وتغيره الزمني (t) H´ على سطح الأرض.

نلاحظ أن شدة الحقل تتناسب بشكل عكسي مع البعد عن مكان الانفراغ فعلى مسافة 10م من قناة الانفراغ تبلغ شدة الحقل 160 K_V/m وعلى مسافة 100م تبلغ شدة الحقل 40 K_V/m.

ويعود سبب نشوء هذه الحقول الكهرطيسية إلى التغير الزمني السريع جداً لتار الصاعقة حيث تصل إلى قيمة كبيرة جداً[5] $di/dt=100\ KA/\mu s$.

ويذهب بعض العلماء إلى تشبيه الحقول الكهرطيسية الناتجة عن قناة البرق من حيث طبيعتها بالحقول الكهرطيسية الناتجة عن الحقول النووية طبعاً مع الفارق الكبير في شدة هذه الحقول.

وقد بينت الإحصائيات أن أغلب الخسائر المادية الناتجة عن الإنفجارات البرقية تسببها الحقول الكهرطيسية المنتشرة عن قناة البرق و (الشكل 4) يقدم لنا الفرق بين الخسائر الناتجة عن الإصابات المباشرة والخسائر الناتجة عن الإصابات غير المباشرة بحسب هيئة الضمان النمساوي.



شكل (4): منحني الخسائر الناتجة عن الانفراغات البرقية حسب هيئة الضمان النمساوي.

في عام 1986 نلاحظ أن الخسائر الناتجة عن الإصابة المباشرة بصاعقة تبلغ 16 مليون شلن والخسائر الناتجة عن الإصابة غير المباشرة (أي بسبب الحقول الكهرطيسية) تبلغ حوالي 50 مليون شلن أي ثلاثة أضعاف الخسائر الناتجة عن الإصابة المباشرة. من الملاحظ أيضاً أن الخسائر الناتجة عن إصابة غير مباشرة تتزايد سنوياً وهذا يعود إلى زيادة انتشار التجهيزات الكهربائية التي تعمل على توترات منخفضة، بضع فولتات، (أجهزة التحكم- الإنذار عن الحريق أو السرقة- الكمبيوتر..الخ)

وللأسف لا توجد في قطرنا إحصائيات ومقارنات دقيقة في هذا المجال ولكن من خلال متابعة هذا الموضوع في السنوات الثلاث الأخيرة في محافظة اللاذقية تبين أن أغلب الخسائر ناتجة عن إصابات غير مباشرة كحرق المقاسم الهاتفية- وأجهزة الكمبيوتر والتلفزيون.

الآن لا بد لنا أن نتعرف على آلية تشكل هذه التوترات الزائدة وكيفية انتقالها

إلى التجهيزات الكهربائية الموجودة ضمن أبنية والتي لا يمكن إصابتها مباشرة بصاعقة.

3- آلية نشوء التوترات الزائدة في التجهيزات الكهربائية نتيجة الحقول الكهرطيسية

3-1- تحريض توترات زائدة في نواقل الإشارة

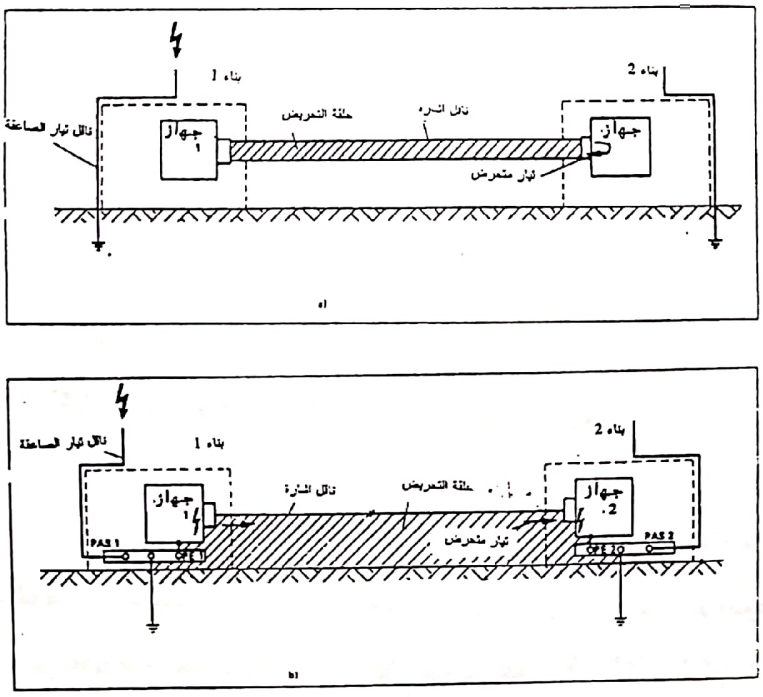
سوف نأخذ بعين الاعتبار آلة أولى موجودة في البناء /1/ وآلة ثانية موجودة في البناء /2/ وبين الآلتين يوجد ناقل إشارة

- الترابط التحريضي:

كما ذكرنا سابقاً يتولد عن قناة الانفراغ حقول كهرطيسية كبيرة يشكل غلاف الناقل حلقة ضمن حقل مغناطيسي متغير (الشكل 5-آ) .

عند إصابة البناء الأول بصاعقة يتحرض في الناقل توتر عرضاني يبلغ بضع كيلوفولتات وهذا التوتر يسبب سريان تيار في الناقل تصل قيمه إلى بعض كيلوأمبيرات وهذا التوتر والتيار يؤديان إلى تلف عناصر الدخل والخرج للآلة.

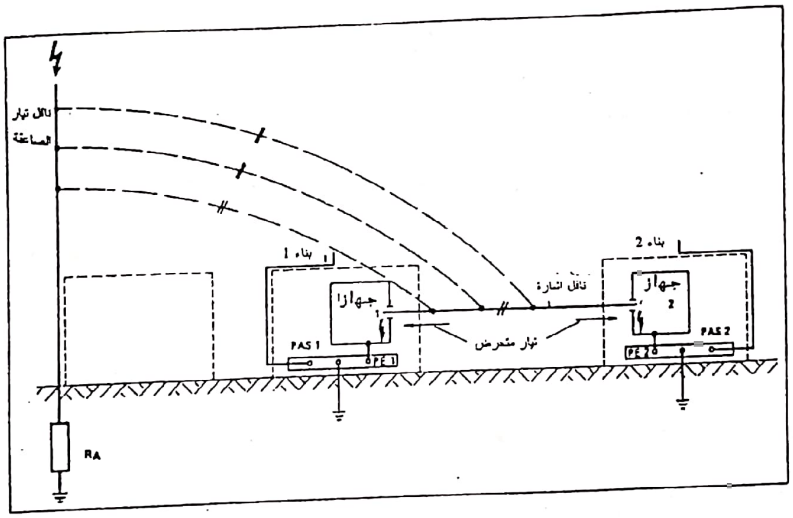
كما تشكل المسافة المحصورة بين ناقل الإشارة والأرض والآلتين (الشكل 5-ب) حلقة يتحرض فيها عندإصابة التيار الأول بصاعقة توتر يبلغ بضع عشرات الكيلو فولتات مما يسبب انهيار عازلية الآلتين الأولى والثانية.



الشكل (5) نشوء توترات زائدة بسبب الترابط التحريضي
آ- الحلقة بين جهتي غلاف ناقل الإشارة
ب- الحلقة بين الآلتين وناقل الإشارة والأرض

-الترابط السعوي:

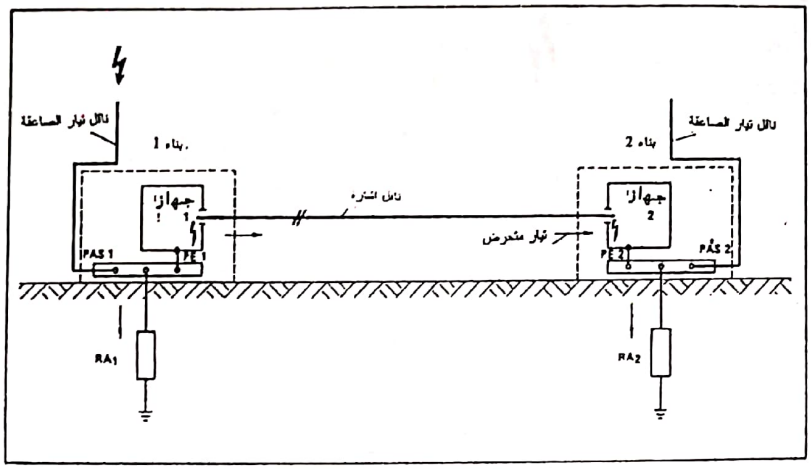
تنشأ بين قناة البرق أو التيار الذي يمر في النوازل الأرضية ونواقل الإشارة الموجودة بالقرب منها سعات (نتيجة فرق الكمون) (الشكل 6). تشحن هذه السعات اثناء تفريغ تيار الصاعقة بالأرض ويسري فيها تيار سعوي يبلغ بضع عشرات الأمبيرات وبعد تفريغ شحنة الصاعقة سوف تتفرغ هذه السعات عبر نواقل الإشارة مما يسبب حدوث توترات زائدة عليها.



الشكل (6) نشوء توترات زائدة بسبب الترابط السعوي

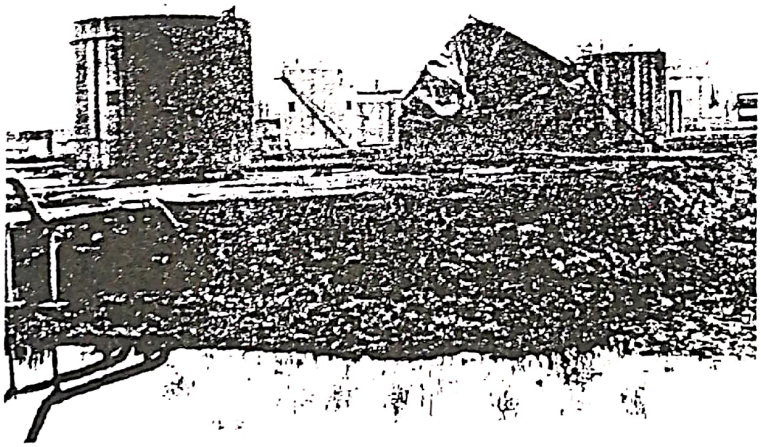
- الترابط الأومي:

ينشأ عند إصابة البناء الأول بصاعقة هبوط جهد على مقاومة التأريض R_{A1} يبلغ بضع مئات الكيلوفولتات (الشكل7) وهذا التوتر كاف من أجل انهيار عازلية الآلة الأولى ومن ثم سوف يسري تيار أومي عبر ناقل الإشارة إلى الآلة الثانية مما يؤدي إلى انهيار عازليتها.



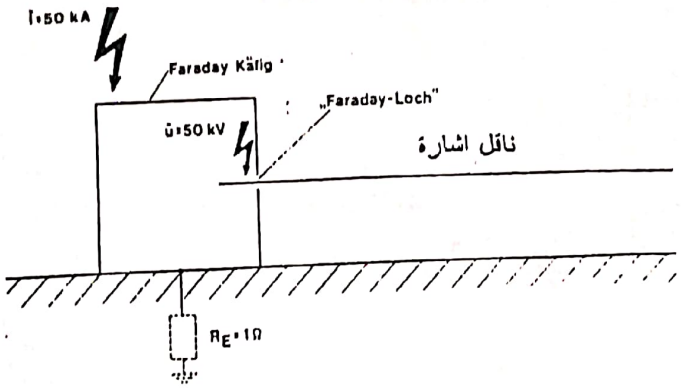
الشكل (7) نشوء توترات تحريضية بسبب الترابط الأومي

كمثال عن التوترات الزائدة التي تتحرض في نواقل الإشارة نتيجة انفراغ البرق نأخذ حادثة انفجار خزان نفط (الشكل 8-آ) بسبب الصواعق.



الشكل (8-آ) احتراق خزان نفط بسبب الصواعق

إن سماكة جدار الخزان تبلغ 1سم على الأقل وبالتالي لا تستطيع قناة البرق أن تخترقه. (أكبر سماكة حديد تم خرقها من قبل قناة البرق تبلغ 8 مم[4] لكن سبب اشتعال الخزان يعود إلى التوترات الزائدة التي تتحرض في نواقل الإشارة (قياس المستوى- قياس الضغط)، الشكل (8-ب).



الشكل (8-ب) حلقة التحريض في خزان نفط

فبالإضافة إلى التيار السعوي الذي يحدث في الناقل نتيجة الترابط السعوي الذي تكلمنا عنه سابقاً. يتحرض في الحلقةالمكونة من الخزان والأرض وناقل الإشارة وجهاز القياس توترات تحريضية تسبب في نهاية الكبل حدوث شرارة مما يعني دخول الشرارة إلى داخل الخزان وبالتالي إحراقه .

يمكن الحد من أثر هذه التوترات الزائدة باتباع الاجراءات التالية:

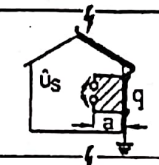
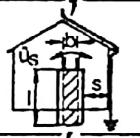
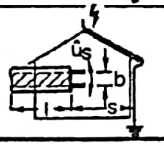
1. تمديد الكابلات ضمن أنابيب معدنية مؤرضة وبما أن شدة الحقل ذات الأنبوب تساوي الصفر لا تتعرض الكابلات إلى حقل كهربائي.
2. استخدام كابلات إشارة محجوبة مرة أو مرتين. في هذه الكابلات لا يمكن للتوترات الزائدة أن تصل إلى نواقل الإشارة، حيث أن خطوط الحقل التي تخترق الغلاف الخارجي تسبب تياراً يسري في الطبقة المعدنية المؤرضة الموجودة تحت الغلاف.
3. إبعاد نواقل الإشارة عن النواقل المعدنية المستخدمة لنظام الحماية من الصواعق قدر الإمكان.
4. استخدام مفرغات توتر في نهاية نواقل الإشارة للتخلص من التوترات الزائدة التي تنشأ عليها وذلك عند حماية الأجهزة الحساسة.

3-2- تحريض توترات زائدة في الحلقات القريبة من مكان سريان تيار البرق.

المقصود بالحلقة المساحة المحصورة بين ناقل تيار الصاعقة وشبكة كهربائية أو بين شبكتين مختلفتين مثلاً شبكة الكهرباء وشبكة نواقل الإشارة للحواسب أو الإذاعة الداخلية- التلفزيون- الخ كذلك يمكن أن تكون الحلقة عبارة عن المسافة المحصورة بين شبكة ما والأنابيب المعدنية

(أنـابيب الميـاه- الغـاز). إن قيمـة التوتـر المتحـرض فـي هـذه الحلقـات المغلقـة أو المفتوحة يتعلـق بقيمـة التغير الزمنـي لتيـار الصاعقة di/dt وشكل الحلقـة وبعدها عـن ناقل تيار الصاعقة.

الجدول (1) يبين قيمة التوترات المتحرضـة فـي هذه الحلقـات فـي حـال سـريان تيـار صاعقة بالقرب منها تبلغ قيمة تغيره الزمنـي $(di/dt)_{max} = 100KA/\mu s$.

حلقة التحريض	القيمة العظمى للتوتر المتحرض	$(di/dt)_{max.}$	أمثلة حسابية: الابعاد	$\hat{u}_s$
	$\hat{u}_s = k_{u1} \cdot \left(\frac{di}{dt}\right)_{max.}$	100 KA/μs	q = 50 mm² a = 10 m k_{u1} = 15000 $\frac{V}{kA/\mu s}$	1500 kV
	$\hat{u}_s = k_{u2} \cdot \left(\frac{di}{dt}\right)_{max.}$		a = 10 m s = 1 m k_{u2} = 5000 $\frac{V}{kA/\mu s}$	500 kV
	$\hat{u}_s = k_{u3} \cdot l \cdot \left(\frac{di}{dt}\right)_{max.}$		b = 3 mm s = 1 m l = 10 m k_{u3} = 0,6 $\frac{V}{m \cdot kA/\mu s}$	600 V
	$\hat{u}_s = k_{u4} \cdot b \cdot \left(\frac{di}{dt}\right)_{max.}$		b = 3 mm s = 1 m l = 10 mm k_{u4} = 0,5 $\frac{V}{mm \cdot kA/\mu s}$	150 V

الجدول (1) القيمة العظمى للتوتر المتحرض في الحلقات القريبة من مكان جريان تيار الصاعقة

فمن أجل حلقة على شكل مربع طول ضلعـه يسـاوي 10م مربوطـة بنـاقل التيـار (مثـلاً تـأريض آلـة موصـول إلـى النـاقل الأرضـي للصاعقـة) تبلـغ قيمـة التوتـرات المتحرضـة فيـها 1500 KV ومـن أجـل الحلقـة نفسـها ولكن تبعد عن ناقل الإشارة بمقدار 1م (مثلاً حلقة مكونة من ناقل إشارة لتلفزيون وشـبكة الكهرباء له) تبلغ قيمة التوترات المتحرضـة فيها 500 KV.

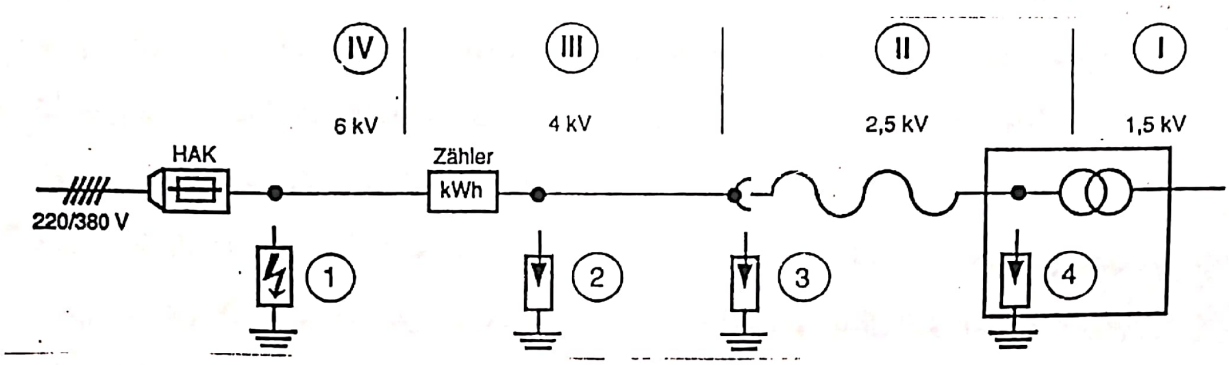
بالإضافة إلى قيمة التوتر المتحرض في حلقة مسـاحتها كبيرة مـن المفيـد معرفـة قيمة التوترات التي تتحرض في حلقة طويلة وذات عرض قليل (أي نواقل الإشارة مثـلاً) إن قيمـة التوتـرات التـي تتحـرض فـي كـابل سماكته 3مم ومواز لناقل تيـار الصاعقـة تبلـغ 600 V في حين تبلغ هـذه القيمـة 150 V عندما يكون ناقل الإشارة عمودياً علـى نـاقل تيار الصاعقة.

ويمكن التخلص من أثر التوترات المتحرضة في هذه الحلقات باتباع الإجراءات التالية:

- زيادة عدد النوازل وعندئذ تقل قيمة التغير الزمني لتيار الصاعقة حيث يسري التيار في عدد كبير من النوازل فمن 4 نوازل يبلغ التغير الزمني للتيار المار في النازل الواحد $di / dt = 25KA / \mu s$ وبالتالي قيمة التوتر المتحرض في الحلقة تقل إلى الربع.
- تمديد النواقل المعدنية المستخدمة في الحماية من الصواعق بعيداً عن نواقل الإشارة قدر الإمكان أي زيادة المسافة بين الحلقة وناقل التيار.
- نلاحظ مما سبق أن عدد النواقل ومكان تمديدها مهم جداً لذلك فإن إهمال موضوع النوازل واختصارها إلى نازل واحد يسبب مشكلة كبيرة جداً.

3-3- تحريض توترات زائدة في شبكة التوتر المنخفض:

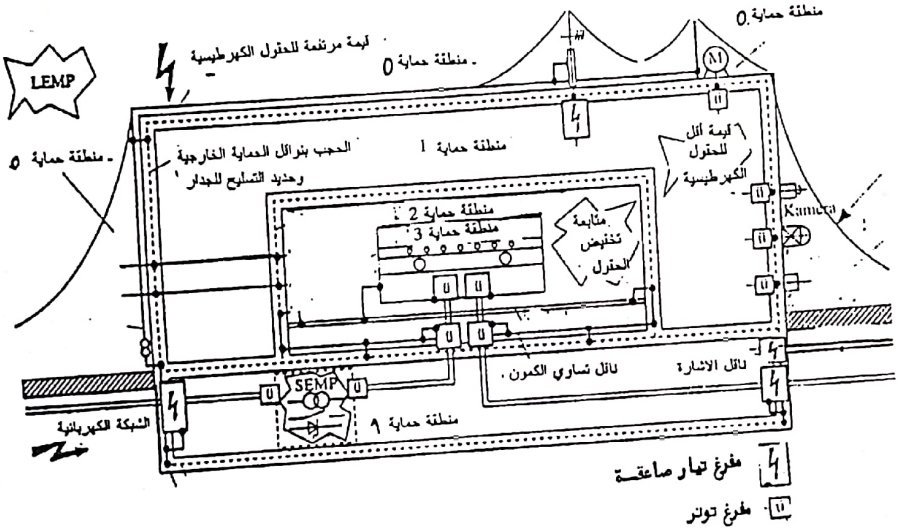
إن إصابة شبكة التوتر المنخفض 380/220 V بصاعقة احتمال ضعيف جداً لأن هذه الشبكة تكون محمية غالباً بالأشياء العالية المؤرضة (الأبنية - الأشجار) لكن سقوط الصاعقة بالقرب من هذه الشبكة يسبب حدوث توترات زائدة عليها ومن حسن الحظ أن هذه التوترات تتفرغ بشكل كبير بسبب تفريعات الشبكة الكبيرة لكن هذا لا يمنع من حدوث توترات زائدة على شبكة المستهلك وبخاصة بالقرب من مكان نشوء هذه التوترات (قبل تفرغ التيار). تسبب هذه التوترات تلف عازلية الأجهزة الكهربائية الموجودة لدى المستهلك لذلك لا بد من خفض قيمة هذه التوترات قبل وصولها إلى هذه التجهيزات (الشكل 9) يبين كيفية الحد من أثر هذه التوترات [6] .



الشكل (9) حماية التجهيزات الكهربائية من التوترات الزائدة على شبكة التوتر المنخفض

4- حماية التجهيزات عالية الحساسية:

مما سبق نتبين أن النظم الهندسية العالمية والأبحاث الجارية حاليا في مجال الحماية من الصواعق والتي أتفقت على نظام الحماية بقفص فرادي لم تعد تكفي بالنسة إلى حماية التجهيزات الكهربائية عالية الحساسية بإقامة نظام حماية خارجي من الصواعق وإنما بدأت بالبحث وبسبب أهمية وحساسية التجهيزات المستخدمة في تنفيذ مجموعة من شبكات التحجيب لإقامة مناطق حماية من أجل إضافتها إلى أجهزة الحساسة لحمايتها من التوترات الزائدة الناتجة عن الحقول الكهرطيسية (الشكل10) ويعتمد نظام التحجيب هذا على فرق قيمة الحقل الكهرطيسي



الشكل (10) دارة التحجيب للأجهزة الحساسة

المنتشر عن قناة البرق من مكان إلى آخر ففي حال إصابة صاعقة لنواقل حماية لبناء ما تكون قيمة الحقل الكهرطيسي كبيرة جداً في الوسط الخارجي المحيط بالبناء (منطقة الحماية 0) بسبب سهولة انتشار هذه الحقول وتقل قيمة هذه الحقول عند الانتقال إلى داخل المبنى (بعد الجدار الخارجي مباشرة) بسبب نواقل الحماية وحديد التسليح للجدار (منطقة حماية 1) وتقل قيمة هذه الحقول كذلك عند الانتقال إلى غرفة ما في البناء بسبب الحجب بجدار الغرفة (منطقة الحماية

2) كذلك يشكل جسم الآلة)منطقة حماية 3).

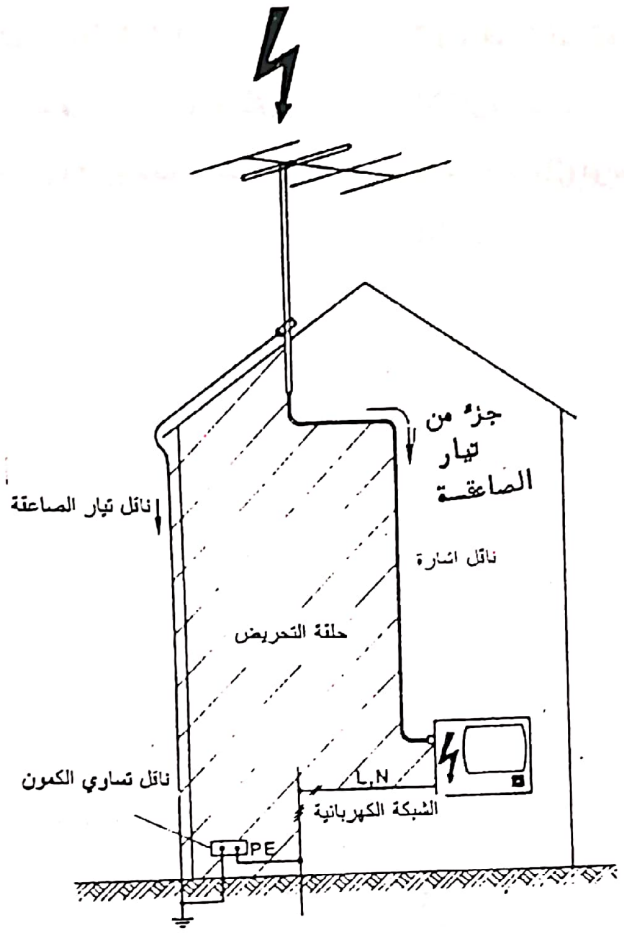
ففي حال ناقل ما (شبكة كهربائية أو ناقل إشارة) محدد من الوسط الخارجي إلى جهاز ما داخل البناء سوف يطبق عليه شدات حقل مختلفة حسب مكان وجوده مثلاً في الوسط الخارجي تكون قيمة الحقل مرتفعة وبعد الجدران الخارجية للبناء تكون شدة الحقل أقل مما يؤدي إلى حدوث فرق كمون كبير بين نقطتين من الناقل نقطة موجودة في الوسط الخارجي ونقطة موجودة بعد الجدار وهذا يسبب حدوث توترات زائدة في الناقل يمكن أن تسبب هذه التوترات الزائدة في تلف عازلية الآلية التي يغذيها الناقل. للتخلص من هذه التوترات يركب مفرغ تيار صاعقة على الناقل في مكان تداخل حدود منطقة الحماية (0) ومنطقة الحماية (1) أما بين منطقة الحماية (1) ومنطقة الحماية (2) فإن قيمة فرق الحقل المطبق على الناقل تكون قليلة لذا يكتفي بتركيب جهاز متساوي كمون وبذلك نكون قد تخلصنا من التوترات الزائدة بشكل عام .

كمثال على حماية الأجهزة الحساسة سوف نأخذ بعين الاعتبار حماية أجهزة التلفزيون وأجهزة الكمبيوتر حيث بينت الإحصائيات العالية أن هذه الأجهزة تضرر من التوترات الزائدة الناتجة عن الحقول الكهرطيسية المرافقة لقناة البرق.

4-1- حماية أجهزة التلفزيون والفيديو:

لحماية جهاز التلفزيون من خطر الإصابة المباشرة بصاعقة يجب أن يكون صاري الهوائي من معدن ناقل ويحقق مواصفات النواقل المستخدمة في الحماية من الصواعق[5] تربط الصاري بشكل جيد مع شبكة الحماية من الصواعق (الشكل 11).

يفضل أن يتم الربط بناقل من نوع النواقل نفسها المستخدمة في هذه الشبكة للتخلص من كمون التماس [7] وعند إصابة الهوائي إصابة مباشرة بصاعقة سيتفرغ القسم الأكبر من تيار الصاعقة بالأرض عبر الصاري ونواقل الحماية الخارجية من الصواعق بسبب المقاومة الأومية الصغيرة لنظام التأريض بالمقارنة مع المقاومة الموجية للكابل والتي تبلغ حوالي 50Ω.[8]



الشكل (11) ربط الصاري الهوائي مع نواقل الحماية من الصواعق

لكن التغير الزمني الكبير جداً للحقل المغناطيسي المرافق لقناة الانفراغ يسبب حدوث توترات تحريضية كبيرة جداً في الحلقة المكونة من ناقل الحماية من الصواعق (النازل الأرضي) وناقل الإشارة وسلك التغذية الكهربائية، وهذه الحلقة مفتوحة في الجهاز (الشكل11). وكما ذكرنا سابقاً يسود توتر شديد جداً على الفتحة تتراوح قيمته بين (10-100)KV مما يؤدي إلى انهيار عازلية الجهاز وبالتالي احتمال حدوث حريق في المنزل.

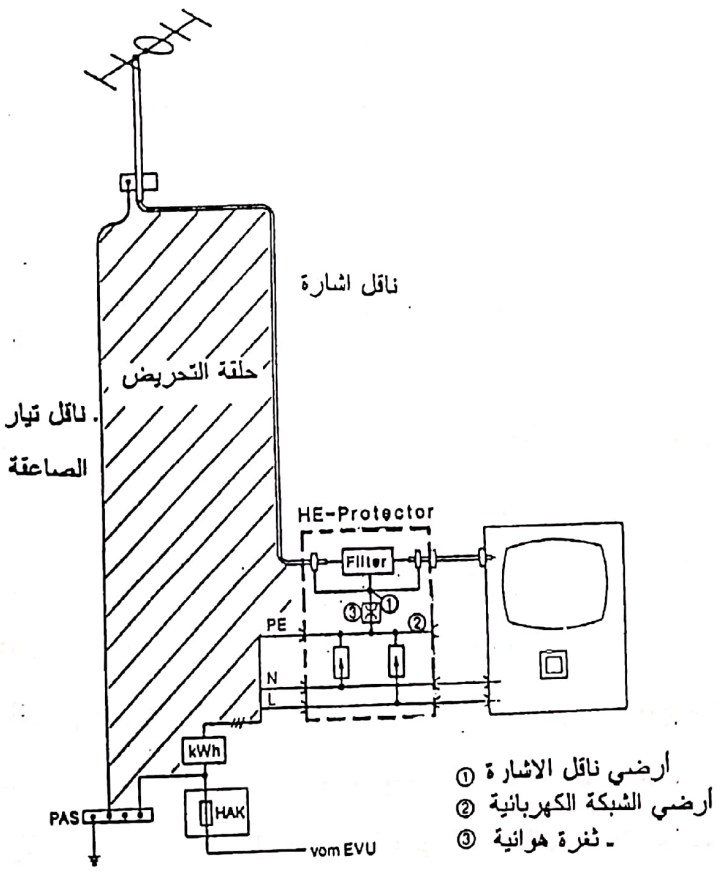
وللحد من اثر هذه التوترات الزائدة يجب اتباع الإجراءات التالية:

1. ربط أرضي جهاز التلفزيون مع ناقل متساوي الكمون (PE) بشكل جيد .
2. حماية الجهاز من التوترات الزائدة المنتقلة في الشبكة الكهربائية إذ يجب تخفيض التوتر بين النقل L والحيادي N وبين أرضي الجهاز إلى قيمة أقل من

1.5 KV باستخدام مفرغات توتر في ماخذ الكهرباء (أنظر الفقرة 3-3) .

3.وضع مفرغ توتر قبل الجهاز (الشكل 12) وهذا المفرغ يحقق الخصائص التالية:

- في حالة العمل الطبيعي (عدم وجود توترات زائدة) يكون أرضي ناقل الإشارة (1) معزولا عن أرضي شبكة الكهرباء (2) بوساطة الثغرة الهوائية (3) .

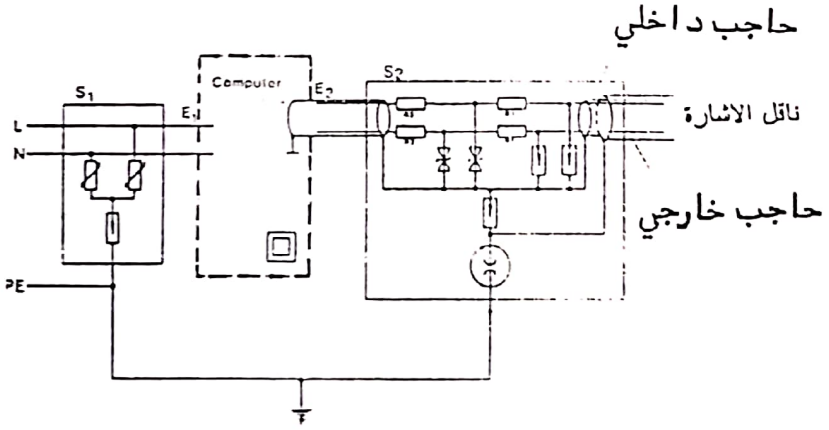


الشكل (12) حماية جهاز التلفزيون بوساطة مفرغ توتر

- قبل أن تصبح قيمة التوتر الزائد بين أرضي ناقل الإشارة وأرضي شبكة الكهرباء خطرة على عازلية الجهاز تنهار الثغرة الهوائية ويمر التيار عبر أرضي الشبكة إلى الأرض.
- للتخلص من التيارات النبضية المرافقة للتوترات الزائدة يربط في نهاية مفرغ التوتر مفرغ تيار وذلك بين الناقل L والأرضي وكذلك بين الحيادي N والأرضي.

4-2- حماية أجهزة الكمبيوتر

يبين الشكل (13) دارة الحماية المستخدمة لحماية جهاز الكمبيوتر -الجزء S1 من الدارة يتكون من مقاومات متغيرة ومفرغ تيار ويحد هذا الجزء من قيمة التوتر الزائد المنتقل عبر الشبكة الكهربائية إلى أقل من 1.5 KV أما الجزء S2 فيشكل دارة الحماية لكابل المعلومات في حال وجود شبكة ربط بين أكثر من مركز معلومات حيث يخفض من قيمة التوتر إلى أقل من 15 V.



الشكل (13) دارة حماية جهاز الكمبيوتر

REFERENCES المراجع

[1]- المواصفة القياسية السورية رقم /1329/ الخاصة بحماية المنشآت من الصواعق تاريخ 1993.

[2]- المواصفات الدولية IEC-1024-1/1990 .

[3]- Hasse, P: uberspannungs Schutz von Niederspannungsanlagen Verlag Tuv Reinland 1987.

[4]- Hasse / Wiesinger: Hand buch fur Blitz Schutz und Erdung Vde-Verlag 1989.

[5]- زهيرة، محمد: الصواعق الكهربائية وطرق الوقاية منها منشورات نقابة المهندسين السوريين / حلب 94.

[6]- المواصفة القياسية الدولية IEC 664 .

[7]- عيد، نبيل: الخواص العامة للمواد الكهربائية - منشورات جامعة حلب 1987.

[8]- اصطيف،ابراهيم: هندسة التوتر العالي /2/ منشورات جامعة حلب 1982.