# حفاظت از خطرات جریانهای الکتریکی

نوشته

پرویز ذواشتیاق

دانشیار دانشکده فنی

درگفتار زیر شمه‌ای از اثرات جریانهای برق به بدن انسان وطرزحفاظت از برق زدگی بیان‌میشود امیداست مورد توجه خوانندگان عزیز قرار بگیرد.

اثرات فیزیولوژی جریانهای الکتریکی از مدتها پیش مورد مطالعه قرارگرفته است درسال ۱۷۶۶ پریستلی (Priestley) وبعداً مارا Marat خطیب مشهور انقلاب فرانسه مطالعات خود را دراین باره تا ۱۷۸۱ ادامه داد. دراوایل قرن گذشته حوادثی که صاعقه بوجود آورده بود مورد توجه قرارگرفت ولی نتیجه‌ای از تجسسات حاصل نگردید. پس از مدت مدیدی سوانح اولین جریانهای متناوب با فشارکم مورد مداقه قرارگرفت و آرسن دارسونوال (Arseine d'Arsonval) برای مراقبت برق زده گان روش تنفس مصنوعی را عرضه نمود.

درسال ۱۸۸۸ در آمریکا اعدام با برق که گویا کمترین زجر را به محکوم میدهد بمرحله عمل گذاشته‌شد.

درسال ۱۸۸۹ پرووست (Prévost) و باتللی Batelli تجارب زیادی را روی سگها ـ موشهای صحرائی وخرگوشها بعمل‌آوردند. بطورخلاصه‌میتوان گفت که نتایج برق زدگی را بشرح زیرمطالعه‌نموده‌اند:

**۱ ـ سوانح ناشی از صاعقه ـ** ازاین‌سوانح نمیتوان‌نتیجه‌قطعی گرفت زیرا ضربه صاعقه ونوع جریان آن باجریان صنعتی اختلاف دارد.

**۲ ـ حوادث ناشی ازتماس باسیمهای برق ـ** دراینجا البته مشاهدات کامل وضع برق‌زده که منجر به مرگ میگردد امکان پذیرنیست ونمیتوان این تجربه را بمرحله عمل گذاشت ولی از اثرات حاصل میتوان نتیجه گیری نمود.

**۳ ـ اعدام با برق ـ** چون مشاهدات جنبه کشتن مجرم را دارد این عمل نمیتواند نتیجه عملی داشته باشد.

**٤ ـ تجارب آزمایشگاهی روی حیوانات ـ** تجاربی که درآزمایشگاهها روی حیوانات بعمل میآید میتواند جنبه تأثیر فیزیولوژی جریانهای برق را روشن سازد ولی نتایج حاصل کاملاً قابل تطبیق به انسان نمی‌باشد مگردرمواردیکه‌مقدار جریان ـ نوع جریان ـ مسیرجریان‌و اثرات‌آن‌راتاحدی برای‌بدن‌انسان‌بتوان در نظر گرفت .

**مقاومت الکتریکی بدن انسان ـ** مقاومت بدن انسان درمقابل عبور جریان الکتریسیته در قسمتهای مختلف بدن متفاوت است بطوریکه استخوان و پوست و چربی وغضروف نسبت به عضلات و خون مقاومت بیشتری را درمقابل عبور جریان الکتریسیته نشان میدهند ـ بزرگترین مقاومت الکتریکی بدن دربشره پوست میباشد که فاقد عصب ورگهای‌خونی است و آنراقسمت‌شاخی‌پوست‌می‌نامیم این‌قشردرحدود ۰٫۰۰۵ تا ۰٫۲ میلیمتر ضخامت دارد که میتوان آنرا تقریباً جزء دی‌الکتریک محسوب نمود ومقاومت کلی بدن انسان تا موقعی که‌قشرشاخی سالم میباشدبستگی بمقاومت این قشر داردطبق تجارتی که بعمل‌آمده است پوست‌خشک وسالم دارای‌مقاومت ۱۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ اهم‌است درصورتیکه قشرشاخی‌پوست‌برداشته شوداین مقاومت به ۱۰۰۰ تا ۸۰۰ اهم تنزل پیدا مینمایدودرصورت ازبین‌بردن بشره پوست مقاومت‌تا ۶۰۰ اهم تنزل مینماید .

مقاومت پوست بدن مقدار ثابتی نیست وبستگی به عوامل مختلف‌زیردارد :

۱ ـ وضع پوست .

۲ ـ سطح پوست‌واستحکام اتصال .

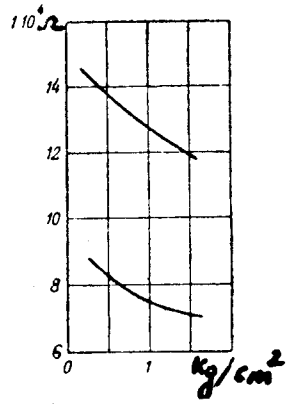
۳ ـ مقدار شدت جریان ومدت عبور آن .

٤ ـ فشار الکتریکی منطبقه .

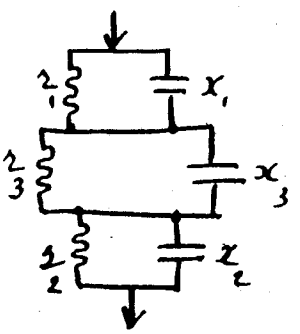
با رطوبت وتعریق مقاومت الکتریکی پوست‌خیلی کم میشود ـ هرقدر سطح تماس الکترودها بیشتر باشداین مقاومت کمترمیشود ـ درفشارهای‌الکتریکی کم بین ۵۰ تا ۶۰ ولت میتوان فرض نمود که مقاومت پوست بدن نسبت معکوسی با سطح تماس آن دارد .مقدار مقاومت متوسط بسبت به $1Cm^2$ برای سطح تماس بین ۰٫۷۵ تا ۳۰ سانتیمترمربع درحدود ۸۰۰۰ اهم است .سفتی اتصال و فشار الکترودها به پوست مقاومت آنرا تغییرداده و آنرا کم میکند (ش ۱) مقاومت پوست با مقدار جریان وازدیاد آن کم میشود واگرمدت عبور جریان بیشترباشد تعریق پوست بعمل‌آمده وکم شدن مقاومت مشاهده میشود . تجربه نشان داده است که اگرمقاومت بدن انسان‌درمقابل جریان ۰٫۱ میلی آمپری ۵۰۰۰۰ اهم‌باشد در عبور جریان ۱ میلی آمپری این مقاومت به ۸۰۰۰ اهم میرسد فشار الکتریکی منطبقه به پوست تأثیری زیادی دارد بطوریکه با فشار الکتریکی طبقه‌شاخی‌بشره سوراخ‌شده ومقاومت‌پوست‌تقلیل‌می‌یابد این اثر درپوستهای نازك درفشارالکتریکی ۱۰ ـ تا ۳۰ ولت مشاهده میشود درفشارهای الکتریکی ۲۵ ولت وبیشتر مقاومت پوست بدن بمثابه پوست بدون طبقه شاخی است ـ درشکل ۳ تغییرات مقاومت بدن انسان که آزمایش مربوط درنعش مرده بعمل آمده است نسبت بفشار الکتریکی ومدت تماس در ۰٫۱۵ و ۳ ثانیه نشان داده است .

مقاومت‌الکتریکی بدن انسان‌مقاومت‌آکتیو نمی باشد از روی‌اسیلوگراف‌و واتمتر میتوان به‌اختلاف

فازی که بین شدت جریان وفشارالکتریکی درموقع عبور جریان متناوب از بدن انسان بوجود میآید پی برد (ش ۲)




ش ۱




ش ۲

$r_1$ و $x_1$ مقاومت آکتیوو رآکتیو پوست در محل ورودی.

$r_2$ و $x_2$ در محل خروجی جریان.

$r_3$ و $x_3$ مقاوستهای داخلی بدن میباشند.

M. Kammerer درمطالعاتی که بعمل آورده دوحالت را منظورنموده است:

**حالت اول ـ** کارگری در دست خود ( ۸۰ سانتیمتر مربع ) سیمی را گرفته و با نوك انگشت دست دیگر (یک سانتیمتر مربع) به‌سیم دیگرتماس حاصل میکند ومقاومت کل برای جریان دائم و متناوب بشرح زیر است .

| جریان متناوب | جریان دائم | |
|---|---|---|
| ۱۹۰ Ω | ۶۰۰ Ω | تماس دست‌اول |
| ۵۰۰ Ω | ۵۰۰ Ω | مقاومت داخلی بدن |
| ۱۵۰۰۰Ω | ۵۰۰۰۰Ω | تماس دست‌دوم |
| ۱۵۶۹۰Ω | ۵۱۱۰۰Ω | مجموع مقاومتها |

**حالت دوم ـ** اگرسطح تماس بجای یک سانتیمترمربع دست دوم ۱۵ سانتیمترمربع باشد مقادیربالا درجریان دائم به ۶۰۰ اهم ودرجریان متناوب به ۲۲۰ اهم میرسند برطبق تجاربی که Freiberger بعمل آورده اگرپوست سالم باشد جریان ازبدن انسان بین دست وپا ( ازیک طرف ) عبور نماید درجریان متناوب این مقاومت درحدود ۱۰۰۰۰ اهم است بشرطی که تحت فشارالکتریکی (۱۰) ولت قرار بگیرد درصورتیکه فشار الکتریکی رابالا ببریم این مقاومت کم میشود واز ۱۰۰ ولت ببالا مقدار آن تقریباً ۶۰ اهم میشود ودرصورت حذف بشره پوست این مقاومت درحدود ۶۰۰ اهم بوده وبمقدار فشار الکتریکی بستگی نخواهد داشت.

**مقدار جریان مصدوم کننده ـ** شدت جریان الکتریکی که بستگی به‌مقاومت بدن و مقدار فشارالکتریکی داردعامل اصلی برای شوك ومرگ انسان میباشد مقدار این شدت جریان که بدون مخاطره باشددرفرکانسهای ۵۰ - ۶۰ هرتس درحدود ۱۰ میلی‌آمپر بوده ودر جریان دائم ۵۰ میلی آمپر میباشد.

در جدول زیر نوع تأثیر ومقدار جریان دائم ومتناوب و تأثیرات فیزیولوژی آن دیده میشود

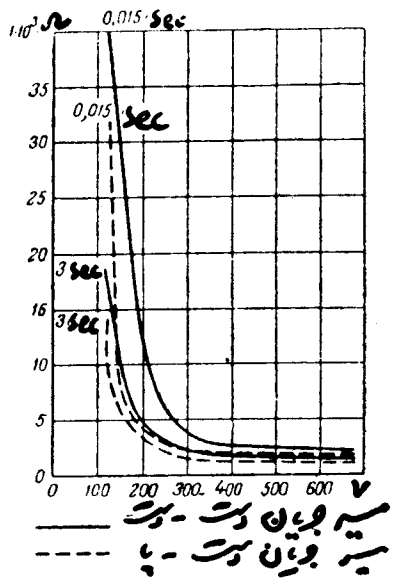
**(تأثیرات فیزیولژی)**

| جریان دائم | جریان متناوب ۵۰ — ۶۰ هرتسی | شدت جریان به میلی‌آمپر |
|---|---|---|
| از جریان دائم محسوس نیست | احساس عبور جریان لرزش کم انگشتان دست | ۰٫۶ تا ۱٫۵ |
| از جریان دائم محسوس نیست | لرزش شدید انگشتان دست | ۲ تا ۳ |
| دردبا خارش - احساس گرما | تشنج دستها | ۵ تا ۷ |
| احساس تشدید گرما | دستها بسختی تکان میخورد ولی‌میتوان‌آنها را از الکترودها جدانمود - دردشدید درانگشتان ومفاصل دستها - بی‌حسی دستها | ۸ تا ۱۰ |
| احساس تشدید گرما | تشنج‌عضلات‌تاشانه‌ها ادامه‌یافته‌ودردشدیدی احساس میشود تماس با الکترودها را تا ۳۵ ثانیه میتوان‌تحمل نمود | ۱۱ تا ۱۲ |
| احسا س تشدید گرما | رها کردن الکترودها باشکال امکان داشته و تماس با الکترودها را تا ۱۵ ثانیه میتوان تحمل نمود | ۱۳ تا ۱۴ |
| احساس تشدید گرما | رهاکردن الکترودها غیرممکن بوده وتعریق دستها بوجودمیآید | ۱۵ |
| احساس تشدید گرما انقباض کم عضلات دست | دستهاناگهان فلج‌شده والکترودهارانمیتوان‌رها نمود درد شدید عارض گشته و تنگی نفس بوجود میآید | ۲۰ تا ۲۵ |
| احساس شدید ازدیاد گرما انقباض‌عضلات‌وتشنج وسختی تنفس | بند آمدن نفس - لرز بطنهای‌قلب | ۵۰ تا ۸۰ |
| بند آمدن تنفس | قطع تنفس - اگر بیش از ۳ ثانیه طول بکشد قلب‌فلج شده و حرکات بطن‌های قلب قطع میشود | ۹۰ تا ۱۰۰ |

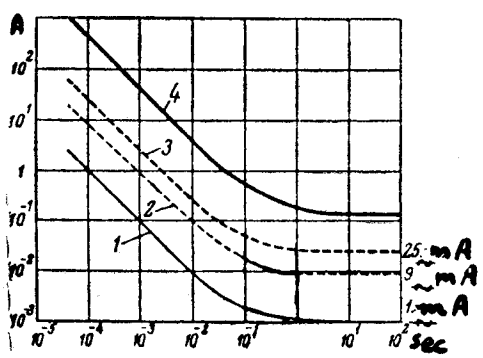
مقادیر بالا با مطالعه در مصدومین برق و محاسبه شدت جریان پس از سانحه از روی رله و پارامترهای شبکه بدست آمده است.

**مدت تأثیر جریان برق** ـ مدت تأثیر جریان به بدن انسان از عوامل مهمی محسوب شده و متغییر میباشد مقاومت بدن انسان بستگی بدین مدت تأثیر دارد باعبور شدت جریان گرما ازدیاد پیدا نموده مقاومت کم گشتهٔ وطبقه شاخی پوست سوراخ میشود.

درصورتیکه مدت عبور جریان خیلی کم باشد تأثیر آن بستگی به وضع فعالیت قلب در زمان عبور جریان دارد زیرا درمدت ۱ر. ثانیه که قلب انبساط وانقباض پیدا مینماید حساسیت آن درمقابل جریان ازدیاد پیدا مینماید. بنابراین اگرعبور جریان الکتریسیته بیش از یک ثانیه بطول انجامد تطابق همان حساسیت قلبی را میتوان پیش‌بینی نمود. طبق تجاربی که بعمل آمده است درصورتیکه این حساسیت قلبی پیش نیاید شدت جریان (۱ر.) آمپری قادر به فلج نمودن قلب نمی‌باشد. یعنی میتوان گفت که هرقدر مدت عبور جریان کم باشد خطربرق زندگی کمتر خواهد بود. درشکل (٤) مقدار شدت جریان متناوب ٥ هرتسی نسبت بمدت داده شده است.




ش ۳




ش ٤

۱ ـ جریان شروع احساس

۲ ـ جریان منقبض کننده عضلات.

۳ ـ جریان خطرناک.

٤ ـ جریان مهلک.

**مسیر شدت جریان مصدوم کننده** ـ بعقیده اغلب محققین مسیر جریان مصدوم کننده خیلی مهم است زیرا ممکن است این جریان از قلب وسیستم تنفسی ویا مغز عبور نماید ویا ممکن است بدون عبور از مغزو یا قلب اختلالات مراکز عصبی و تنفسی را سبب شود در تجاربی که شده دو الکترود ورودی و خروجی را

بیک قسمت از بدن متصل کرده ومشاهده نموده‌اند که عبور جریان فقط دریک قسمتی ازبدن (مثلاً یک پا) باعث مرگ شده است.

مشاهدات تجربی مسیرجریان را بشرح زیر میدهد :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| دست ـ دست | ۳٫۳ | درصد | کل | جریان | از قلب عبورمیکند |
| درست چپ پاها | ۳٫۷ | « | « | « | « |
| دست راست ـ پاها | ۶٫۷ | « | « | « | « |
| پا ـ پا | ۰٫۴ | « | « | « | « |

بعلاوه مسیرجریان و مقدار عبوری آن از قلب ویاسیستم تنفسی بستگی بمحل اتصالی الکترودها دارد و مقدار زیاد این جریان از دست چپ وپا نبوده بلکه دست راست و پا میباشد.

آزمایشهائی که روی سگ بعمل آمده مشاهده شده است که اگر الکترود اول را به پای جلوی و الکترود دوم را به پاهای عقبی متصل کنیم درشدت جریان خیلی کمی فلج قلب سگ آناً بعمل میآید. درصورتیکه یکی از الکترودهابه پوزه دیگری به پشت گردن سگ وصل گردد حتی از عبور شدت جریان ۰٫۴ آمپر بمدت ۳ ثانیه فعالیت قلب سگ مختل نمیگردد و پس از قطع برق تنفس دوباره برقرار میشود. همچنین تجربه نشان داده که سگ را نمیتوان ازگره پائین (پاهای عقبی) حتی درفشار الکتریکی ۹۶۰ ولت بمدت ۱۲ ثانیه کشت ـ خرگوش ها باهمین شرائط ۱۸۰ ـ ۴۰۰ ولت رابمدت (۰٫۵ تا ۱۲٫۵) ثانیه میتوانند تحمل نمایند

البته نمیتوان گفت که گره پائین برای عبور جریان از بدن انسان مخاطره‌ایرا در برندارد. از عبور جریان تشنج عضلات پا بوجود آمده و پس ازاینکه انسان نقش زمین گردید مسیرجریان از طریق دست وپا عملی میگردد.

**نوع وفرکانس شدت جریان ـ** بعقیده محققین باازدیادفرکانس مقاومت الکتریکی بدن انسان که دارای ظرفیت (خازنی) میباشد کم میگردد زیرا در رابطه :

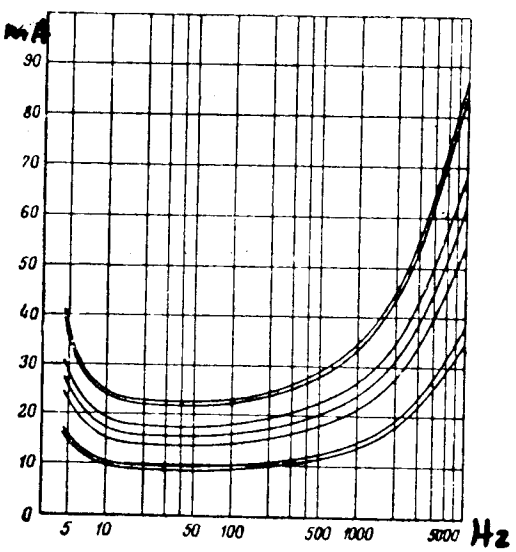
$$x = \frac{1}{2\pi fC}$$

میتوان چنین تصور نمود که باازدیادفرکانس مقدار جریان عبوری از بدن انسان بیشتر خواهدشد. درصورتیکه تجارب عکس این موضوع را ثابت مینماید نتیجه آزمایش که روی سگها با فرکانسهای مختلف بعمل آمده است بشرح زیراست.

| فرکانس جریان به هرتس | فشار الکتریکی به ولت | تعداد سگهای موردآزمایش | مرگ درصد |
|---|---|---|---|
| ۵۰ | ۱۱۷ — ۱۲۰ | ۱۵ | ۱۰۰ |
| ۱۰۰ | ۱۱۷ — ۱۲۰ | ۲۱ | ۴۵ |
| ۱۲۵ | ۱۰۰ — ۱۲۱ | ۱۰ | ۲۰ |
| ۱۵۰ | ۱۲۰ — ۱۲۵ | ۱۰ | ۰ |

هنوز فرکانسهای جریان متناوب که برای انسان باعث فلج قلب ویا تنفس میگردند مشخص نشده‌اند از تجربه که روی خرگوشها بعمل آمده ازدیاد فرکانس ۱۰۰ تا ۲۱۰ هرتس معرف اثرات تضعیف جریان روی اعضاء بود.

بعقیده بیشتری از محققین فرکانسهای ۵۰ - ۶۰ هرتس مهلک‌ترین فرکانس برای انسان میباشند واگراین فرکانس کم ویا زیادتر سازیم خطرات مرگ را کمتر خواهیم نمود.




شن ۵

درشکل (۵) عبور جریان نسبت به فرکانس داده میشود.

آمار نشان میدهد که ژنراتورهای فرکانس زیاد ۳۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هرتس وبیشتر (ماشینی - لامپی وغیره) بتوان ۱۰ کیلووات هرگز باعث مرگ نگشته بلکه موجب سوختگی محلی شده‌اند اما تأسیسات برقی (خشک کن ها - دستگاههای آبدادن دندانه چرخ وغیره) که درفشار الکتریکی ۶ - ۱۰ کیلوولت کار میکنند وفرکانس آنها ۵۰۰۰۰ هرتس میباشد حوادثی را ببار آورده‌اند که موجب مرگ شده است.

تأثیرجریان دائم باعضاء بدن انسان نشان داده است که مقاومت بدن انسان درمقابل برق زدگی از جریان دائم نسبت به جریان متناوب زیادتر میباشد. عبور ۶۱ - ۸۳ میلی‌آمپر شدت جریان دائم از بدن انسان نه تنها اثرات مهمی از قبیل فلج قلب و تنفس را ببار نیاورده‌اند حتی این جریان تصلب عضلات را نیز سبب نشده وقطع الکترودها ممکن بوده است. تشنج شدید عضلات واحساس ناراحتی همیشه درموقع قطع جریان دائم مشاهده شده است و تجربه نشان میدهد که تأثیرشدت جریان دائم بقلب و تنفس از ۸۰ میلی آمپر بالا است.

**فشارالکتریکی مجاز** - مسئله تعیین شدت جریانی که از بدن انسان در شرایط مختلف عبور نماید تقریباً غیرممکن میباشد زیرا مقدار این شدت جریان بستگی بعوامل مختلف متغییری دارد و بنابراین نمیتوان

**شدت جریان بدون مخاطره** را پیش بینی نمود درصورتیکه اگرفشار الکتریکی مجاز منظور شود بهتر میتوان مسائل مخاطرات برق زدگی را بررسی نمود.

مطابق نورمهای بین المللی فشار الکتریکی به ضعیف - متوسط- قوی - خیلی قوی تقسیم بندی می شود معمولا فشار الکتریکی ضعیف عبارت از فشاری است که ولتاژ هریک از خطوط برقی نسبت به زمین ۲۵۰ ولت تجاوز نکند - وفشارهای متوسط وقوی ازچندین صدولت تا چندین صدهزار ولت میباشند.

درعمل مشاهده شده است دستگاههای جوشکاری که ولتاژ کمتری دارند در ۶۵ ولت برق زدگی توأم بامرك را همراه داشته‌اند.

تجاربی که روی خرگوشها شده بشرح زیر میباشد.

| فشار الکتریکی متناوب به ولت | ۶۰ | ۹۰ | ۱۲۸ | ۲۱۶ | ۴۶۰ | ۶۷۰ | ۱۱۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار شدت جریان به میلی آمپر | ۴۰٫۵ | ۵۴٫۸ | ۱۵۹ | ۳۴۴ | ۸۵۴ | ۱۳۹۰ | ۲۷۳۰ |
| مدت تأثیر شدت جریان به‌ثانیه | ۱۴ | ۱۴ | ۶٫۶ | ۶٫۸ | ۶٫۹ | ۶٫۹ | ۴٫۱ |
| مرگ درصد | ۵٫۸ | ۱۶٫۵ | ۲۶٫۶ | ۳۳٫۰ | ۳۳٫۰ | —۳۳٫ | ۵۰ |

چنانکه دیده میشود برق زدگی مهلك از ۶۰ ولت ببالا بوده در ۱۲۸ ولت ۲۷ درصد است وبرای فشارهای الکتریکی ۴۶۰ - ۶۷۰ - ۱۱۵۰ ولت ۳۳ درصد است که دارای شدت جریانهای خیلی متفاوت میباشد - تجربه نشان داده که مرك خرگوش وسگ درفشارهای ۳۰ - ۴۰ ولت بهیچوجهٔ مشاهده نشده است. البته فشار الکتریکی ۴۰ ولت برای انسان نیزمخاطره‌ای نداشته است ولی دربعضی از موارد استثنائی مرك در شرایط غیرمساعد با ۱۲ ولت نیزدیده شده است.

فشار الکتریکی مجاز درممالك مختلف متفاوت است وهر کشوری برای خود نورمی دارد مثلاً لهستان - چکسلواکی - سوئیس ۵۰ ولت هلند و سوئد ۲۴ ولت فرانسه برای جریان متناوب ۲۴ ولت وجریان دائم ۵۰ ولت را درنظر میگیرد در شوروی نسبت به شرایط محیط ۱۲ - ۳۶ - ۶۵ ولت میباشد.

**صدمات برق زدگی** - مطالعاتی که ازنقطه نظرفیزیولوژی تأثیرجریان را به اعضاء بررسی میکند نمیتواند صدمات برق زدگی را طبقه‌بندی نماید ولی میتوان دونوع صدمه را که نسبت بهم متفاوت میباشند منظور نمود: ضربات الکتریکی (صدمه داخلی) کوفتگی های الکتریکی (صدمات خارجی).

۱ - **ضربه الکتریکی** - این ضربه الکتریکی که از عبور جریان موجب مرگ میگردد مشخصات زیر را دارد:

الف - مقدار جریان مصدوم کننده کم میباشد ۲۵ - ۱۰۰ میلی آمپر.

ب - مقدار فشار الکتریکی منطبقه به بدن خیلی کم است.

ج ـ مدت عبور جریان تقریباً زیاد است (چندین ثانیه).

د ـ مقدار توان مصرفی کم (درحدود ۲۰ وات) میباشد.

ضربه الکتریکی با تماس مستقیم به قسمتهای جریاندار میباشد (درشبکه‌های تا ۱۰۰۰ ولتی ویا شبکه‌های ۶ ـ ۱۰ کیلوولتی باکاپاسیته کم) در وهله اول که مقاومت بدن انسان بیشتر و مقدار جریان عبوری کم میباشد تشنج عضلات انگشتان و دست بوجود میآید اگرمصدوم دراین لحظه نتواند خود را از برق جدا کند مقاومت بدن وی کم گشته مقدار جریان عبوری زیادتر شده و تصلب و تشنج عضلات بیشتر شده قطع تماس‌از برق غیرممکن میگردد و بالاخره تشنج عضلات تنفسی باعث قطع تنفس میگردد. همچنین باید فرض نمود که ازدیاد متوالی جریان مصدوم کننده باعث لرز بطنهای قلب میشود.

مکانیزم ضربه الکتریکی را محققین مختلف متفاوت میدانند ومسئله مشکل دراینست که بایستی از آزمایشاتی که روی حیوانات بعمل میآید نتیجه‌ای گرفت ولی عکس‌العمل ازعبورجریان درحیوانات ازهم اختلاف زیادی دارد. درسگ وگوسفند از عبور جریان لرز بطن قلب بوجود میآید واین‌وضع درحالت عادی کار قلب دیده نمی‌شود واین لرز بطن قلب مرگ را پیش میآورد زیرا فشار خون پائین آمده وقلب ازکار میافتد. درگربه وخرگوش فشار خون پائین آمده ولی لرزبطن مشاهده نمی‌شود و مرك با قطع تنفس میشود.

درسیمون لرزبطنهای‌قلب منجربه‌ایست کار قلب نمیگردد وبدون کمك خارجی قلب دوباره‌فعالیت خود را ازسر میگیرد.

بهرحال بدون‌اینکه‌بخواهیم‌مکانیزم ضربه الکتریکی را دقیقاً بررسی کنیم میتوان گفت که مرك‌ناشی از ضربه الکتریکی اغلب فلج تنفس ویا فلج تنفس همراه با فلج قلب ویا ندرتاً با فلج قلب میباشد.

**۲ ـ صدمات خارجی برق زدگی** ـ اگر درحالت اول ضربه الکتریکی اثرات خارجی ازخود بجا نگذاشته وفقطبه اعضاءوجوارح داخلی مؤثر واقع شده و موجب مرك انسان میشود درحالت دوم اثرات ناشیه از برق‌زدگی را میتوان بخوبی مشاهده نمود (سوختگی ـ علائم جریان ـ الکترومتالیزاسیون پوست).

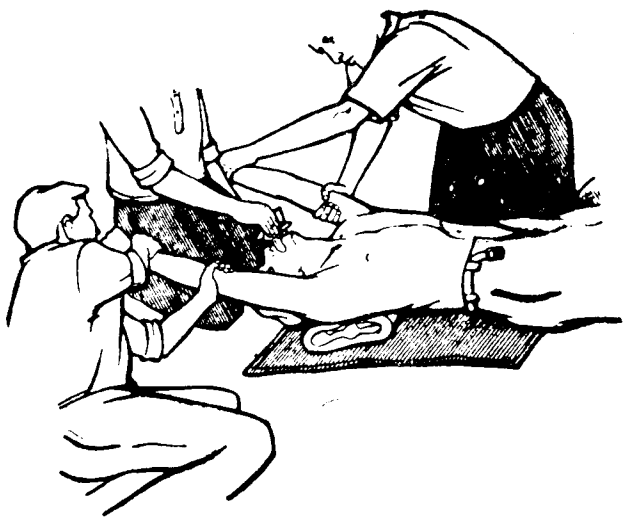
**سوختگی** ـ درنتیجه عبور جریان برق ویا بدون عبور آن مثلاً بواسطه ذوب شدن فیوز و افتادن جسم داغ بوجودمیآید ـ در بیشتری از موارد سوختگی‌های شدید از قوس الکتریکی حاصل میشود. تا فشار الکتریکی ۱۰۰۰ ولت معمولاً قوس الکتریکی از قطع مدارهای اندکتیو ایجاد میگردد و تأثیراین قوس‌اگر صدمات چشم را منظور نکنیم چندان مهم نیست سوختگی‌های شدید در شبکه‌های ۳۰ تا ۲۲۰ کیلو ولتی وشبکه‌های ۶ ـ ۱۰ ـ ۲۰ کیلوولتی کابلی که دارای کاپاسیته زیادی میباشند اتفاق میافتد.

این سوختگی بدینطریق‌ایجاد میشود که‌شخص با نزدیك شدن به تجهیزات برقی فشار قوی فاصله تخلیه الکتریکی را نسبت به‌خود کمتر از حدمجاز می‌نماید واز بدن انسان جریان شدیدی درحدود چندین آمپرهمراه با قوس الکتریکی میگذرد که رفلکس آنی ایجاد نموده وعکس‌العمل تدافعی باعث قطع قوس و مدار جریان میگردد.

عبور جریان زیاد بمدت خیلی کم همراه ضربه الکتریکی نمی‌باشد ولی سوختگی مرگباری بوجود

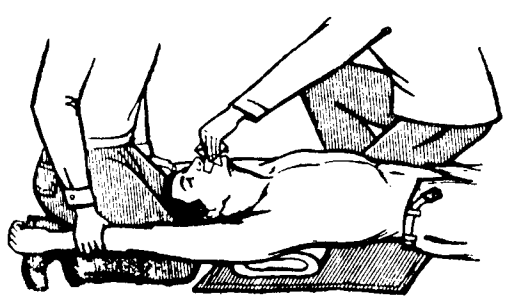
گرفتگی تنفس نمی‌شود زیرا زبان بین دندانها قرارگرفته و برای عبور جریان هوا ممانعتی وجود ندارد.

**ب** ـ فقط درحالتی است که شخص نجات دهنده دارای کمک باشد دراین روش برق زده را به‌پشت خوابانده و زیرش لباس ویا پتوئی‌قرار میدهند که سر به پشت افتاده وسینه جلو بیاید. نجات دهنده دستهای مصدوم را گرفته وتا آرنج به‌کنار بدن وی فشارمیآورد ونفر کمکی زبان مصدوم رابا پارچه‌ای گرفته و یواش بطرف چانه‌می کشد درنوع دوم تنفس بهتر از حالت اول بوده ولی عیب کار جمع شدن کف دهن درحلق میباشد درهردوحالت‌تعداد حرکات عیناً مثل تنفس انسان ( در دقیقه ۱۵ ـ ۲۰ مرتبه) بوده وعمل تنفس



ش ۸

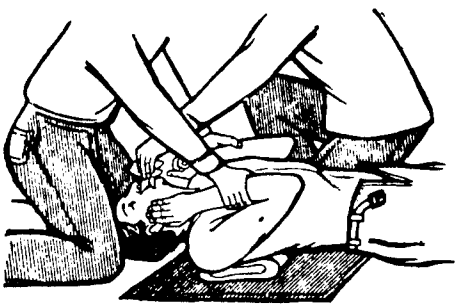
مصنوعی ممکن است چندین ساعت طول بکشد. درهر دوحالت‌تنفس‌مصنوعی بایستی دقت نمود فشار زیاده ازحد به‌قفسه سینه واردنشود زیراممکن است این عمل باعث شکستگی استخوانهای قفسه سینه گرددبعلاوه در روش اول فشار زیاده به‌معده‌ممکن‌است‌غذای داخل معده را بالا آورده و باعث جلوگیری ورودهوابه ریه گردد. همچنین در روش دوم ممکن است حرکات تند دستهای مصدوم باعث شکستگی و یا در رفتگی استخوانهاشود.



ش ۹

در تنفس مصنوعی‌نباید گذاشت‌بدن مصدوم حرارت خود را از دست بدهد ویرا بایستی‌باوسیله‌ای گرم پوشاند به پاها وبدن وی کیسه آب گرم قرارداد واین اعمال‌رابایستی‌همراه باتنفس مصنوعی وبدون‌قطع آن انجام داد.

ج ـ درسالهای اخیر تنفس مصنوعی با دهن انجام میگیرد بطوریکه مصدوم را به پشت خوابانده

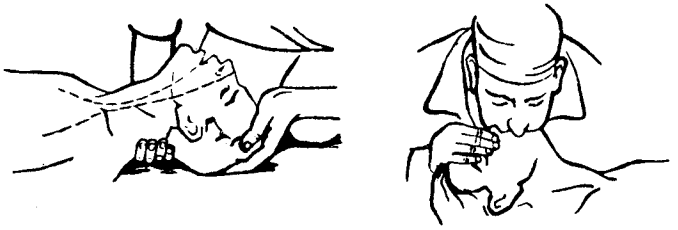


ش ۱۱

ش ۱۰

دگمه‌های سینه را بازکرده وهوا را از دهن بـه داخل سینه وی میدمند (ش ۱۲) این روش درحالتی کـه مصدوم علاوه برضربه الکتریکی کوفتگی داخـل نیز دارد بهتر میباشد زیرا ممکن است فشار بـه قفسه سینه آسیب برساند.

علاوه برتنفس مصنوعی بایستی قلب مصدوم راماساژداد تا بحالت عادی خود برگردد برای ماساژقلب دست رابمحل قلب مصدوم گذاشته درمدت ۱۵ـ ۲ ثانیه ۱۵ـ ۲ فشارپس ازهردوبارتنفس به‌محل قلب واردمیسازند



ش ۱۲

درحین انجام تنفس مصنوعی بایستی دقت نمود کـه اگرکمترین علامت از قبیل حـرکت لبها یا لرزگونه هـای مصدوم ملاحظه شود عمل تنفس مصنوعـی را چند ثـانیه قطع کرده و بمصدوم امکان تنفس مستقل را داد ـ بعضی از اطباء این استراحت را (۱۵ ـ ۲۰) ثانیه پس از هر ٤ ـ ٥ دقیقه تجویز میکنند زیرا پس از مـدتی کـه تنفس مصنوعی انجام میگیرد اعضائیکه تنفس را هـدایت میکنند بحالت عـادی خود برمیگردند.

تنفس مصنوعی را بایستی تا شروع تنفس مصدوم اجرا نمود ودرصورتیکه این عمل بـه نتیجه‌ای نرسد باز تا آمدن دکترادامه‌داد. اگرچنانکه‌علائم حیات دیده شد برقزده را روی برانکار یا پتوئی خوابانده وبه تختخواب برای استراحت برد بهیچوجه نبایستی برقزده را پس از بحال آمدن مجبور به به بلندشدن‌وراه

رفتن نمود زیرا دراینموقع کـه قلب خیلی ضعیف شده است بـرگشت خون از قسمت سربه سایر اعضاء ممکن است دوباره باعث از بین رفتن مشاعر گردد.

بهرحال بایستی دقت نمود که تنفس مصنوعی بادستگاه اکسیژنی را دکتراجرا نماید.

**اثرات فیزیولوژی حوزه‌های الکترومغناطیسی با فرکانسهای خیلی زیاد** ـ مولدهای فرکانس خیلی زیاد بطول موج یک سانتیمتر تـا ۰ متر بـرای خشک کردن و آبدادن فلـزات وغیره درصنعت بکارمیروند و اشخاصی که‌مدام یا این دستگاهها سروکار دارند شکایت به ازدیاد درجه حرارت بدن ـ خستگی سستی ـ لرز دستها ـ سردرد بی‌خوابی و ناراحتی اعصاب دارند و دربعضی از موارد برعکس اصلا شکایتی ندارند.

دربیشتری‌ازحالات این اختلالات‌پس از چندین ساعت ویا چندروز بعد از اختتام کار از بین‌میرود تحقیقاتی که بعمل آمده نشان داده که شدت حوزه الکتریکی فرکانسهای خیلی زیاد برای کارکنان ممکن است مضرباشد واین بستگی به شدت حوزه ومدت تأثیر ومقدار انرژی رسیده به بدن شخص دارد مخصوصاً طول موج دخالت بیشتری دراینموضوع دارد بطوریکه تجارب نشان داده‌اند برای هر عضو طول موجی‌وجود دارد که این طول موج تأثیر دردآسائی بهمان عضو میدهد موشهای سفید درحوزه طول موج ۶٫۲ متر زودتر میمیرند و برای اورگانیزم انسان امـواج بین ۳ تـا ۱۰ متر خطرناك محسوب میشونـد مسائل تأثیر حوزه فرکانس هـای خیلی زیـاد به اعضاء بدن انسان هنوزکاملا مطالعه نشده وتمامی این مقادیر تقریبی برای حالات بحرانی است (توان مولدها ـ شدت حوزه ـ طول موج ـ مدت تشعشع) مولدهائی که شدت حـوزه‌آنها درمحل کار ازچندین ده ولت به یک متر تجاوز نمیکنند حتی در امواج ۳ تا ۱۰ متر درمـدت تأثیر (بیش‌از ۲ ساعت اثراتی دراعصاب وتغییرات کار قلب وخون نگذاشته‌اند.

تجهیزاتی که‌شدت حوزه آنها درمحل کار ۱۰۰ ـ ۱۵۰ ولت به متر باشددرهمان طول موج‌وهمان مدت تأثیر (بیش از ۲ ساعت) اثرات مضر و زودگذری ایجاد میکنند که‌عبارت از ازدیاد درجه‌حرارت بدن سستی و سردرد وغیره میباشد.

درشدت حوزه ۲۰۰ ـ ۳۰۰ ولت به متر بمدت یکساعت همان اثرات ظاهر میشوند واگر شدت‌حوزه از ۴۰۰ ولت‌به‌متر تجاوز کند درعرض (۱۰ ـ ۲۰) دقیقه این اثرات ظاهر میشوند مخصوصاً برای‌اشخاصی که (۳ـ۵) سال تحت تاثر تشعشات میباشند درجه حرارت بدن آنها فوراً بالا میرود.

البته‌تشعشعات‌طولانی وتکراری‌تنظیم درجه حرارت بدن را مختل میسازد (بدن قدرت تنظیم‌درجه حرارت ثابتی را دارد).

مطالبی که ذکرشد هرگز حدود وشرایط اثرات مضره را نداده فقط امکان انتخاب وسائل محافظت را فراهم میکنند (قرار دادن حفاظ ـ وضع تجهیزات برقی نسبت بمحل کار ـ نوع تغذیه برق وغیره).

تجارب نشان داده‌اند که‌حوزه الکتروستاتیکی جریان دائم حتی ۱۰۰۰ ولت به متر وبالاتر از آن اثرات مضر را ندارد.

**اصول کلی محافظت درتجهیزات** ـ شرایط استفاده از تجهیزات الکتریکی نسبت به سایرتجهیزات

بکلی فرق میکند زیرا سایر تجهیزات علائمی دارند که شخص میتواند متوجه حادثه گردد مثلاً افتادن فلز سرخ شده-بوی گاز سمی - صدای افتادن شئی - سوت بخار خروجی وغیره به انسان امکان محافظت ازخود را میدهد درصورتیکه تجهیزات برقی این مسائل را ندارند و شدت جریان وفشار الکتریکی علائمی که معرف مخاطره باشد از خود آشکار نمیسازد وانگهی مسائل زیر همواره همراه تجهیزات برقی میباشد :

۱ - نزدیکی و تماس تصادفی به‌قسمتهای جریان برق.

۲ - تماس به‌بدنه‌فلزی‌ماشین ویاغلاف کابل که ممکن است تحت فشار الکتریکی قراربگیرد.

۳ - اتصال فشار قوی ترانسفورماتور بطرف فشار ضعیف.

٤ - عبور جریان فرکانس کم بمدار فرکانسهای زیاد.

٥ - بوجود آمدن جرقه ویا قوس الکتریکی ویا گرمای زیاده از حد درقسمتهای تجهیزات برقی از عبور جریانهای زیاد.

با درنظرگرفتن مسائل فوق روشهای حفاظت برای بدون خطرنمودن دستگاههای برقی بکار میرود که در زیر ذکرمیشود :

حفاظت بایستی‌طوری باشد که وضع کار دسترسی به وسائل برقی عواقب ناشیه از قبیل حریق ویا انفجار از قوس الکتریکی را منظور نماید.

رطوبت - بخار سوزان - گاز - وجودغبارهای‌هادی معرف مخاطرات برقی بوده ودراین شرائط‌پوست بدن‌انسان‌هادی گشته‌و باکمترین فشار الکتریکی ممکن است عواقب وخیمی ببار بیاید بعلاوه این‌عوامل باعث خرابی عایق وسائل الکتریکی گشته وشرائط را برای برق زدگی آماده میسازند تخته‌های زیرپائی بدون میخ - لاستیک - کف چوبی اطاق - کف اسفالت شده مقاومت زیادی را برای عبور جریان نشان‌داده وبنوبه خود حفاظ خوبی میباشند - مقاومت الکتریکی کف آجری - سنگی - بتونی مخصوصاً بتون مسلح کم بوده و بابودن رطوبت مقدار این مقاومت تقلیل مییابد بنابراین زمینه را برای برق زدگی آماده میسازند

آمار نشان میدهد که سوانح در بیشتری از موارد بعلت نزدیکی و تماس غیرارادی به‌دستگاههای برقی بدون حفاظ میباشد. برای رفع این خطر قوانینی وضع شده که محل تماس را مسدود ویا با نرده‌ای جدا میسازند.

حفاظت ممکن است از تماس بطور اتفاقی باشد که در تجهیزبت برقی روزمره تا فشار ۱۰۰۰ ولت اغلب بوسیله سرپوشی عملی میشود - البته بایستی سرپوش لولائی بوده ودارای کلیدی باشد که کسی‌نتواند بدلخواه آنرا باز وبسته نماید.

حفاظت ازنزدیکی به قسمتهای تحت فشار الکتریکی بالاتراز ۱۰۰۰ ولت بانصب درو پنجره‌های مشبک برای قسمتهای تحت جریان اجرا میشود و برای دسترسی نداشتن باین وسائل‌دور محیط مراکز فرعی برقی حصاری کشیده میشود.

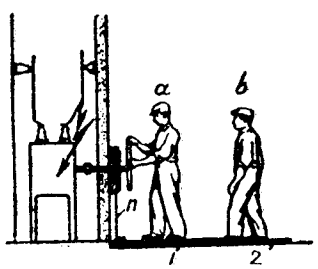
دربیشتری از موارد میتوانیم قسمتهای جریاندار را بوسیله‌ای از تماس مستقیم انسان جدا سازیم

ولی بدنه موتورهائی که مشغول کارند و کارگر برای رسیدگی به درجه حرارت موتور دست به بدنه‌آن‌میزند ویا دستگاههای‌تراش وسایر وسائل‌موتور برقی دارند اگر عایق سیم پیچی موتور خراب شود فاز بدنه‌اتصال پیدا بکند بدن کارگرتحت‌فشار الکتریکی قرار میگیرد برای جلوگیری ازاین کار تدابیر زیر را اتخاذ میکنند:

۱ ـ بدنه موتورویا بدنه وسائل برقی را باسیمی به سیم صفر متصل میکنند (صفرکردن).

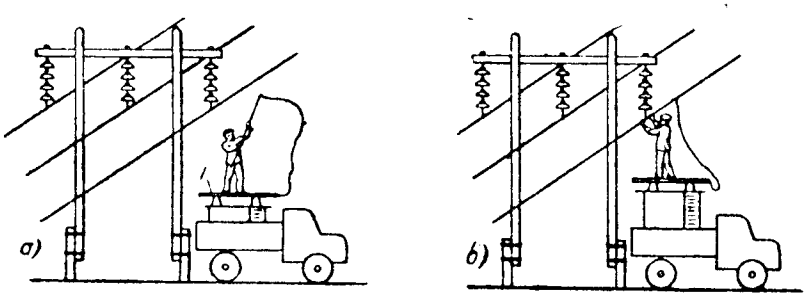
۲ ـ درنقطه کار ـ زمین مصنوعی ایجاد نموده و بدنه موتور ویاوسائل برقی را بدان‌وصل میکنند (زمین کردن).

**۳ ـ هم پتانسیل نمودن** ـ دراین روش پتانسیل و بدنه دستگاه را با پتانسیل وصل شده یکسان میکنند. درشکل (۱۳) بدنه دسته کلید روغنی با شمش n به فرش فلزی (۱) وصل شده ودر صورت اتصال فاز به کلید چون پتانسیل کارگر (a) هم‌پتانسیل کلید است کارگر (a) ازبرق زدگی مصون می‌ماند. برای




ش ۱۳

نزدیکی به فرش فلزی ویا دورشدن ازآن فرش (۲) لاستیکی را قرار میدهند.(ش۱۳) همچنین درمراکز فرعی برق راهروی از شن درشت که هدایت الکتریکی خوبی را ندارد وعرض این راهرو نباید کمتر از۱٫۳ متر باشد درست میکنند هم پتانسیل نمودن برای کار تحت‌فشار الکتریکی درخطوط فشار قوی بکار میرود بطوریکه ازشکل(۱٤) دیده میشود کارگر بدون اینکه جریان خط فشارقوی را قطع نماید برای تمیزنمودن عایقهای خط درش ۱٤ (a) با اتصال میله (۲) به خط پتانسیل محل کار خود را با پتانسیل خط یکسان




ش ۱٤

میسازد و درش ۱٤ (b) مشغول کار میباشد البته اتصال (۲) با خط بایستی خیلی خوب باشد تا اختلاف پتانسیلی بین دستها و پا های کارگر ایجاد نشود.

**٤ ـ قطع فوری مدار** ـ رله محافظ بین بدنه موتور و زمین قرار میدهند که درصورت اتصالی سیم

پیچی به بدنه موتور رله فوراً جریان مدار را قطع نماید معمولا این وسیله را برای موتورهای بقدرت زیاد قرار میدهند که صفر کردن بدنه موتور نتواند فوراً آنرا از مدار قطع نماید ویا درصورتیکه نتوانیم زمین کردن موتور را بدلائلی اجرا نمائیم.

**۵ ـ عایق نمودن قسمتهائی که جریان ندارند ـ** مثلاً بدنه دستگاههای برقی را از موادی با عایق خوب که بحد کافی خطرات برق زدگی را جلوگیری نماید میپوشانند.

**٦ ـ بکاربردن فرش عایق درمحل کار ـ** درصورتیکه صفر کردن و زمین کردن اشکالاتی دربرداشته باشد ویا محل کار درتغییرباشد ازفرشهای لاستیکی استفاده میکنند.

بقیه درشماره بعد