

Kurs  
för  
vagnelektriker

Brev 2

7. Ohms lag

För att i en ledare med ett motstånd av R ohm framdriva en ström av I ampere fordras en spänning av U volt mellan ledarens ändpunkter. Se även bifogade bildblad.

Mellan de nämnda storheterna, spänning, ström och motstånd, råder ett visst bestämt samband, vilket upptäcktes av den tyske vetenskapsmannen Ohm, och som därför kallas Ohms lag.

Denna lag kan skrivas på följande tre sätt:

$$U = I \cdot R \quad (7:1)$$

Eller: Spänningen är lika med strömmen multiplicerad med motståndet.

$$I = \frac{U}{R} \quad (7:2)$$

Eller: Strömmen är lika med spänningen dividerad med motståndet.

$$R = \frac{U}{I} \quad (7:3)$$

Eller: Motståndet är lika med spänningen dividerad med strömmen.

Om man känner två av storheterna, kan man således beräkna den tredje såsom visas i följande exempel.

Exempel: Genom en reläspöle med ett motstånd av 48 ohm går en ström av 0,5 ampere. Hur stor är spänningen över spolen?

$$U = 0,5 \cdot 48$$

$$\text{Svar: } U = 24 \text{ V}$$

Exempel: I ett elektriskt värmeelement är motståndet 12 ohm. Hur stor blir strömmen, då elementet anslutes till en strömkälla med en spänning av 24 V?

$$I = \frac{24}{12}$$

$$\text{Svar: } I = 2 \text{ A}$$

Exempel: Genom en lampa för 24 volt går en ström av 2,5 ampere. Hur stort är lampans motstånd?

$$R = \frac{24}{2,5}$$

$$\text{Svar: } R = 9,6 \Omega$$

## 8. Elektromotorisk kraft, polspänning och spänningsfall

Då en strömkälla är obelastad, har den en viss polspänning även kallad elektromotorisk kraft.

När en strömkälla avger ström, ingår strömkällan själv som en del i den slutna strömkretsen, se bifogade bildblad. Strömmen passerar även genom strömkällan och måste därvid övervinna det inre motståndet. Detta är i regel mycket litet, men vid stora strömmar kan det icke försummas. ./.

Belastas strömkällan med en ström  $I$  sjunker polspänningen. Spänningsfallet  $U_i$ , som uppstår, är lika med strömmen  $I$  gånger inre motståndet  $R_i$  således:

$$U_i = I \times R_i \quad (8:1)$$

En strömkällas polspänning  $U_p$  är därför lika med skillnaden mellan den elektromotoriska kraften  $E$  och det inre spänningsfallet  $U_i$ , således:

$$U_p = E - U_i \quad (8:2)$$

Om polerna på en strömkälla förbindas direkt, kortslutes strömkällan. Den kortslutningsström  $I_k$  som härvid uppstår är lika med den elektromotoriska kraften  $E$  dividerad med inre motståndet  $R_i$ , således:

$$I_k = \frac{E}{R_i} \quad (8:3)$$

Då inre motståndet i regel är lågt blir kortslutningsströmmen hög. Endast undantagsvis äro strömkällor konstruerade för att någon längre tid tåla uppkommande kortslutningsströmmar. Dessa äro tvärtom ovälkomna, då de genom skadlig uppvärmning kunna förstöra såväl strömkällan som de anläggningar, till vilka denna är ansluten.

Emedan spänningen förbrukas, då den framdriver en ström genom ett motstånd, användes ofta benämningen spänningsfall för att ange hur stor del av polspänningen som förbrukats över ett visst motstånd i strömkretsen. Detta spänningsfall är enl Ohms lag lika med strömmen multiplicerad med motståndet ifråga.

## 9. Effekt och energi

En viss glödlampa för 24 volt kräver 1 ampere för att brinna normalt. Om två sådana lampor kopplas i serie och anslutas till 48 volt blir strömmen fortfarande 1 ampere. Båda lamporna brinna normalt, och dubbelt så mycket ljus erhålles som i det första fallet.

Av detta exempel framgår att en ström av 1 ampere kan åstadkomma olika effekter. Då spänningen är 48 volt blir verkan av 1 ampere dubbelt så stor som då spänningen är 24 volt.

Som mått på vad en elektrisk ström kan åstadkomma vid alstring av ljus, värme, arbete o s v räcker därför ej enbart strömmens storlek. Om däremot strömmen multipliceras med spänningen får man fram ett tal, som kan tjäna som mått på arbetsförmågan eller effekten.

Effekten mätes i watt (W)

En effekt av 100 watt kallas 1 kilowatt (kW).

I formler betecknas effekten med P. För beräkning av den elektriska effekten i watt gäller enl. det ovan nämnda följande formel:

$$P = I \cdot U \quad (9:1)$$

Exempel: Genom en viss glödlampa för 24 volt går det en ström av 1,5 ampere. Hur stor effekt förbrukar lampan?

$$P = 1,5 \cdot 24$$

$$\text{Svar: } P = 36 \text{ W}$$

Känner man effekten och spänningen kan strömmen beräknas ur följande formel:

$$I = \frac{P}{U} \quad (9:2)$$

Exempel: Beräkna strömmen i en elektrisk tågkamin typ D4 250. Spänningen är 250 volt och effekten 500 watt.

$$I = \frac{500}{250}$$

$$\text{Svar: } I = 2 \text{ A}$$

Känner man effekten och strömmen kan spänningen beräknas ur följande formel:

$$U = \frac{P}{I} \quad (9:3)$$

Formlerna (9:2) och (9:3) äro båda härledda ur formeln (9:1).

Om man utnyttjar effekten 1 watt under 1 timme, har man förbrukat en energimängd av 1 wattimme (Wh). En energimängd av 1000 wattimmar kallas 1 kilowattimme (kWh) (h är en internationell beteckning för timme. Den är första bokstaven i det franska ordet heure och det engelska ordet hour som båda betyda timme).

Energi betecknas med bokstaven A, och av det nämnda framgår att energimängden kan beräknas ur följande formel:

$$A = P \cdot t$$

Exempel: En vagn är ansluten till ett stationsnät under 5 dagar. Lamporna i vagnen äro tända 4 timmar per dygn. På alla lampor äro tända, är lampströmmen 35 ampere. Lampspänningen är 24 volt. Beräkna energiförbrukningen under nämnda tid.

$$P = 35 \cdot 24 = 840 \text{ W}$$

$$t = 5 \cdot 4 = 20 \text{ dagar}$$

$$A = 840 \cdot 20$$

$$\text{Svar: } A = 16800 \text{ Wh eller } 16,8 \text{ kWh}$$

Obs. I det nämnda exemplet är tänkt att lamporna matas med växelström via en speciell transformator, som närmare beskrives i ett kommande brev. Då belastningen är glödlampor eller värmeapparater med enbart ohmskt motstånd, bli emellertid beräkningarna lika vid växelström och likström.

## 10. Förvandling av elektrisk energi till värme

Då en elektrisk ström passerar en ledare, alstra värme, som orsakar, att ledarens temperatur stiger. Vid konstant ström når temperaturen så småningom en gräns, över vilken den icke stiger. Ledaren säges därvid ha nått fortfarighetstillstånd beträffande temperaturen. Detta inträffar, då det genom ledning och strålning till omgivningen per tidsenhet avgivna värmets är lika stort som den per tidsenhet utvecklade elektriska energien.

Detta förhållande är av stor betydelse vid konstruktion och montering av elektriska apparater och maskiner. En elektrisk tågkamin exempelvis måste vara konstruerad och monterad så, att temperaturen i fortfarighetstillstånd icke blir så hög, att det uppstår risk för brännskador eller användning av omgivande föremål. Kaminen är därför försedd med stora värmestrålände ytor, flänsar eller liknande och skall vara monterad så, att luften kan cirkulera omkring den och transportera bort tillräckligt stora värmekvantiteter. Om man hindrar värmeavgivningen genom övertäckning, exempelvis genom olämplig lastning i en F-vagn, stiger temperaturen och kan därvid antaga farliga värden.

Värme mätes i kalorier (förkortas cal), 1000 kalorier kallas 1 kilokalori (förkortas kcal). En kilokalori är den värmemängd, som går åt för att värma upp 1 kg (= 1 liter) vatten 1 grad. För att bringa exempelvis 3 liter vatten av 15 graders temperatur till kokning åtgår följaktligen  $3 \cdot 85 = 255$  kcal.

Mellan elektrisk energi och värme råder ett visst bestämt samband.

1 kilowattimme är lika med 860 kilokalorier

Exempel: En vattenvärmare i en restaurangvagn rymmer 70 liter. Effekten är 11 kW och det påfyllda vattnets temperatur + 5°C. Hur lång tid tar det att värma upp vattnet till 85°C om man bortser från värmeförlusterna?

Temperaturstegringen  $85 - 5 = 80^{\circ}\text{C}$

Erforderlig värmemängd  $70 \cdot 80 = 5600$  kcal

Motsvarande elektrisk energi  $\frac{5600}{860} = 6,5$  kWh

Den tid  $\tau$  som effekten 11 kW behöver vara inkopplad för att energimängden skall bli 6,5 kWh

$$\tau \cdot 11 = 6,5$$

$$\tau = \frac{6,5}{11} = 0,59 \text{ } \tau \text{ im}$$

Uttryckt i minuter blir  $\tau = 0,59 \cdot 60 = 35,5$  min.

## 11. Dimensionering av ledningar och spolar

Om en ledning har motståndet R ohm, och en ström av I ampere går igenom, blir spänningsfallet i ledningen R · I volt och effekten R · I · I d v s R · I<sup>2</sup> watt. Denna effekt förvandlas till värme, varför tråden får högre temperatur än omgivningen. Vid elektriska ledningar och lindningar är denna uppvärmning i allmänhet till skada, dels emedan genom densamma elektrisk energi förbrukas, dels emedan ledningens temperatur kan bli så hög, att isolationen skadas eller brännbara föremål antändas.

En klen ledning blir varmare än en grov, om strömmen är densamma i båda emedan den smala ledningens motstånd är större. Dessutom är den yta, varigenom den alstrade värmemängden skall stråla ut till omgivningen mindre vid den smala ledningen.

Enligt gällande säkerhetsföreskrifter få gummiisolerade ledningar av koppar icke belastas eller säkras högre än som angives i bifogade tabell.

Om exempelvis strömmen i en ledning är 18 A, måste säkringen för denna ledning ha en märkström av 20 A. Vid denna storlek på säkringen måste ledningen ha en area av  $4 \text{ mm}^2$ , se tabellen. Det är således den erforderliga säkrings märkström, som är bestämmande för vilken ledare, som skall användas.

Ledning, som är förlagd på sådant sätt, att värmeavgivning från ledningen avsevärt försvåras, exempelvis i en kabeltrumma, får icke belastas eller säkras högre än vad som enligt tabellen är tillåtet för ledning av närmast mindre area.

Tråden i exempelvis relä- och kontaktorspolar får belastas med en viss ström per kvadratmillimeter trådarea. Detta värde, ampere/ $\text{mm}^2$ , som kallas strömtäthet är olika för olika stora spolar. I små spolar får strömtätheten uppgå till 4, i medelstora spolar till 2, och i stora spolar till 1 ampere/ $\text{mm}^2$ . Spolarna måste dessutom ha tillräcklig kylyta, för att temperaturen icke skall bli för hög. Kylytan får icke understiga 10-12  $\text{cm}^2$  per watt spoleffekt.

Högsta tillåtna temperaturstegring på dylika spolar är  $50^\circ\text{C}$ .

Vid dimensionering av ledningar måste man även taga hänsyn till spänningsfallet i dessa. Speciellt gäller detta ledningar för belysningen i vagnar. Spänningsfallet bör icke vid någon lampa överstiga 1,5 volt.

Spänningsfallet är enligt Ohms lag lika med strömmen multiplicerad med ledningens motstånd.

Exempel: Gruppledningen i en vagn har en area av  $6 \text{ mm}^2$  och nolledningen är  $10 \text{ mm}^2$ . Ledningarna ha vardera en längd av 20 m. Hur stort blir spänningsfallet, då lampströmmen är 15 A?

Motståndet i gruppledningen  $0,017 \cdot \frac{20}{6} = 0,057 \Omega$

Motståndet i nolledningen  $0,017 \cdot \frac{20}{10} = 0,034 \Omega$

Totala motståndet  $0,057 + 0,034 = 0,091 \Omega$

Spänningsfallet  $15 \cdot 0,091 = 1,37 \text{ V}$

Ledningar på vagnar måste även ha en viss mekanisk hållfasthet för att icke skaka av, då vagnarna äro i rörelse. Vid dimensionering av manöverledningar för apparater är det i regel varken uppvärmningen eller spänningsfallet utan den mekaniska hållfastheten, som är bestämmande vid val av kabelarea. För sådana ledningar användes därför normalt kablar med en area av  $4 \text{ mm}^2$  undantagsvis  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Alla ledningar på vagnar måste med hänsyn till vibrationerna vara mångtrådiga. Fåtrådiga ledningar eller sådana med en tråd få icke användas, då det visat sig att dessa lätt brista vid anslutningsställena. Undantag förekommer exempelvis i de elektriska spisarna, men ledarna måste då vara synnerligen omsorgsfullt stagade.

## 12. Smältsäkringar

Smältsäkringarnas verkan grundar sig på det förhållandet, att en metalltråd, som passeras av en ström, uppvärms. Blir strömmen för hög, när tråden sådan temperatur, att den smälter, varigenom strömkretsen brytes.

Smältsäkringarna äro utförda för en viss på varje säkring angiven märkström. Detta är den ström, för vilken säkringen är avsedd att normalt användas.

På vagnar förekomma dels proppsäkringar och dels rörsäkringar.

Proppsäkringarna, vars konstruktion framgår av bifogade bildblad, äro utförda enl det s k diazedsystemet, eller som det numera vanligen betecknas, system D. Detta är ursprungligen en tysk benämning, som kommer av dia (meter), z (weitteilig = tvådelad) och Ed (ison). Detta innebär, som åskådliggöres av bifogade bildblad, att den lösskruvbara delen är tvådelad, nämligen i propp och propphuv, som med edisongänga inskrivas i ett säkringselement med en passdel som bottenkontakt. Proppens bottendiameter och passdelens innerdiameter växa med märkströmmen. Härigenom kan propp med för hög märkström ej oavsiktligt insättas i säkring, vars högsta märkström är bestämd genom passdelen.

Av säkringselement finnas 5 typer med olika gängor, för olika spänning samt för proppar med olika märkström, som framgår av nedanstående tabell.

Edisongänga	I	II	III	IV	
Finskuren gänga				IV H	
Märkspänning V	250	500	500	500	500
Propparnas märkström A	2, 4, 6, 10, 15	2, 4, 6, 10, 15, 20, 25	35, 50, 60	80, 100	125

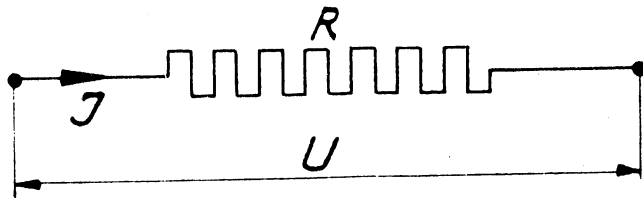
På vagnar användas endast proppsäkringar för 500 V märkspänning enligt system D. Dessutom förekomma på äldre vagnar långa smala proppar enligt ett system N-D.

Smältproppar finnas i två utföranden, dels hastigt avsmältande och dels tröga. Hastigt avsmältande proppar smälta inom 1 sekund vid en belastning av 2,5 gånger märkströmmen. Tröga proppar däremot smälta först efter c:a 1 minut vid samma belastning. De tröga propparna äro därför icke så känsliga för tillfälliga strömstötter som de hastigt avsmältande. Den gränsström vid vilken propparna smälta vid långvarig låg överbelastning är emellertid praktiskt taget lika för båda typerna.

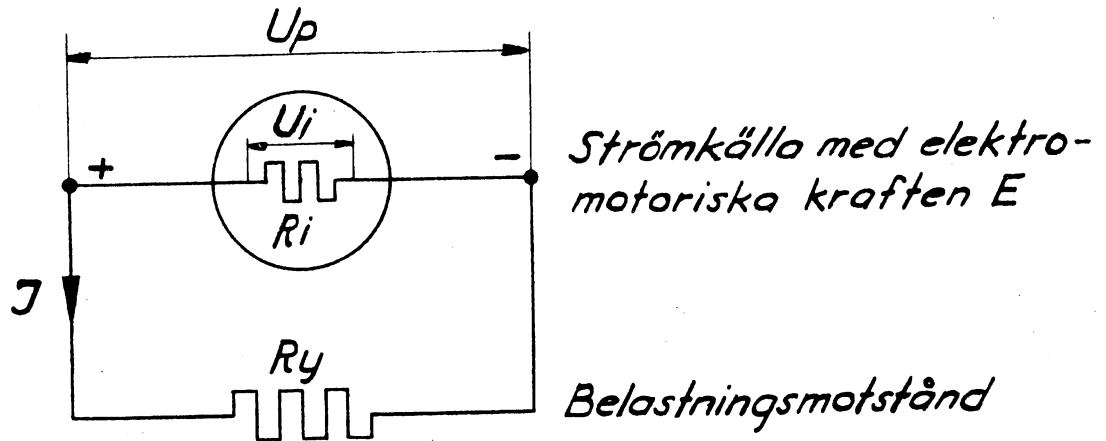
På vagnar användes i regel en trög smältpropp på 80 A som huvudsäkring för den vagnsaxeldrivna belysningsgeneratoren. Vid laddning av belysningsbatteriet uppstår nämligen i början av varje laddningsperiod relativt höga kortvariga strömstötter. Av det nämnda framgår att denna tröga smältpropp på 80 A tål c:a 200 A ( $2,5 \cdot 80 = 200$ ) under några minuter utan att smälta. Övriga smältsäkringar i vagnarna äro i regel av den hastigt avsmältande typen.

./.  
Skillnaden i utförandet av de båda typerna smältproppar framgår av figurerna på bif bildblad. I de tröga propparna äro smälttrådarna korta och fastsatta vid relativt grova tilledningar. Då trådarna uppvärmas avledes värmet i början till dessa tilledningar, varigenom fördröjningen uppstår.

Rörsäkringar användas som smältsäkringar i högspända kretsar. På vagnar användas de för den elektriska tågvarmeledningen. Rörsäkringarna bestå av ett relativt långt bakelitrör med en knivkontakt i vardera änden vid vilka smälttrådarna äro fastsatta. Röret är fyllt med fin sand. Då trådarna smälta av vill följd av för hög ström, blir ljusbågen så lång, att spänningen ej räcker till för att vidmakthålla den.

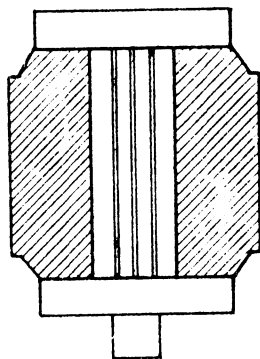


Ohms lag:  $U = J \cdot R$ ;  $J = \frac{U}{R}$ ;  $R = \frac{U}{J}$

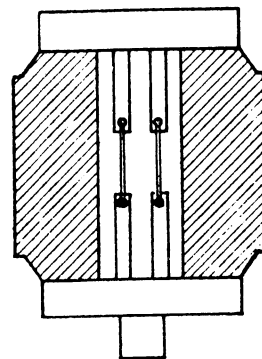


Spänningsfallet i strömkällan:  $U_i = J \cdot R_i$

Polspänningen:  $U_p = E - U_i$



Hastigt avsmältande smältpropp



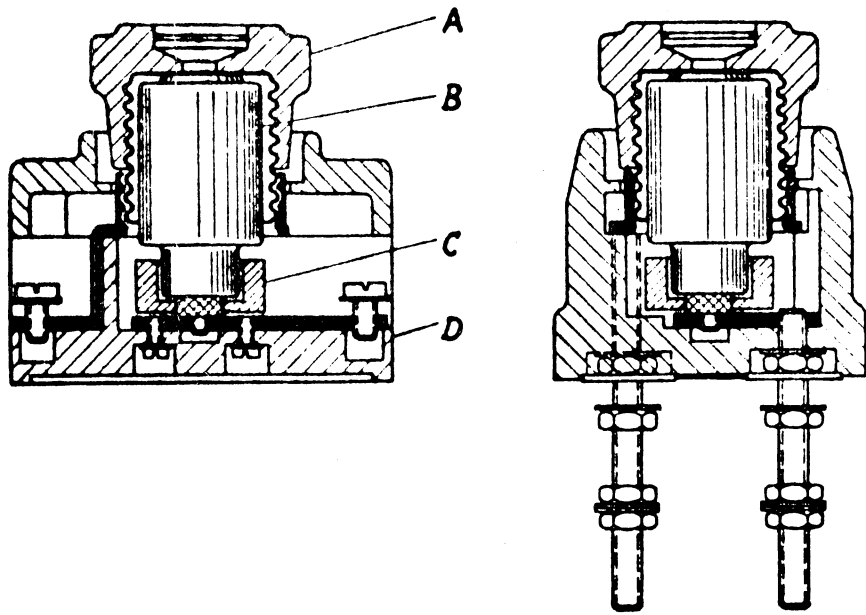
Trög smältpropp



## Belastningstabell för gummiisolerade ledningar av koppar.

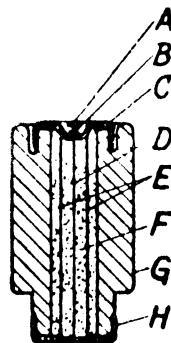
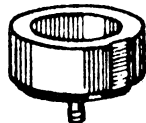
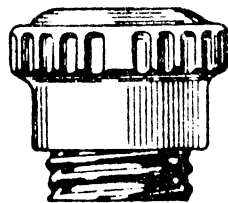
Enl. Kungl. Kommerskollegii föreskrifter av år 1939)

Ledararea mm <sup>2</sup>	Högsta tillåtna strömstyrka A	Märkström hos säkring A
0,75	8	6
1	8	6
1,5	14	10
2,5	20	15
4	27	20
6	34	25
10	44	35
16	75	60
25	100	80
35	125	100
50	160	125
70	200	160
95	240	200



*Proppsäkring, t.v. med främre och t.h. med bakre anslutning*

*A propphuv B smältpropp C passdel D säkringselement*



*T.v. smältpropp med huv och passdel, t.h. sektion av smältpropp*

*A avbrottsmärke B utkastarfjäder för avbrottsmärke  
C lock D indikeringsstråd E smältledare F sandfyllning  
G porslinspropp H botten*