

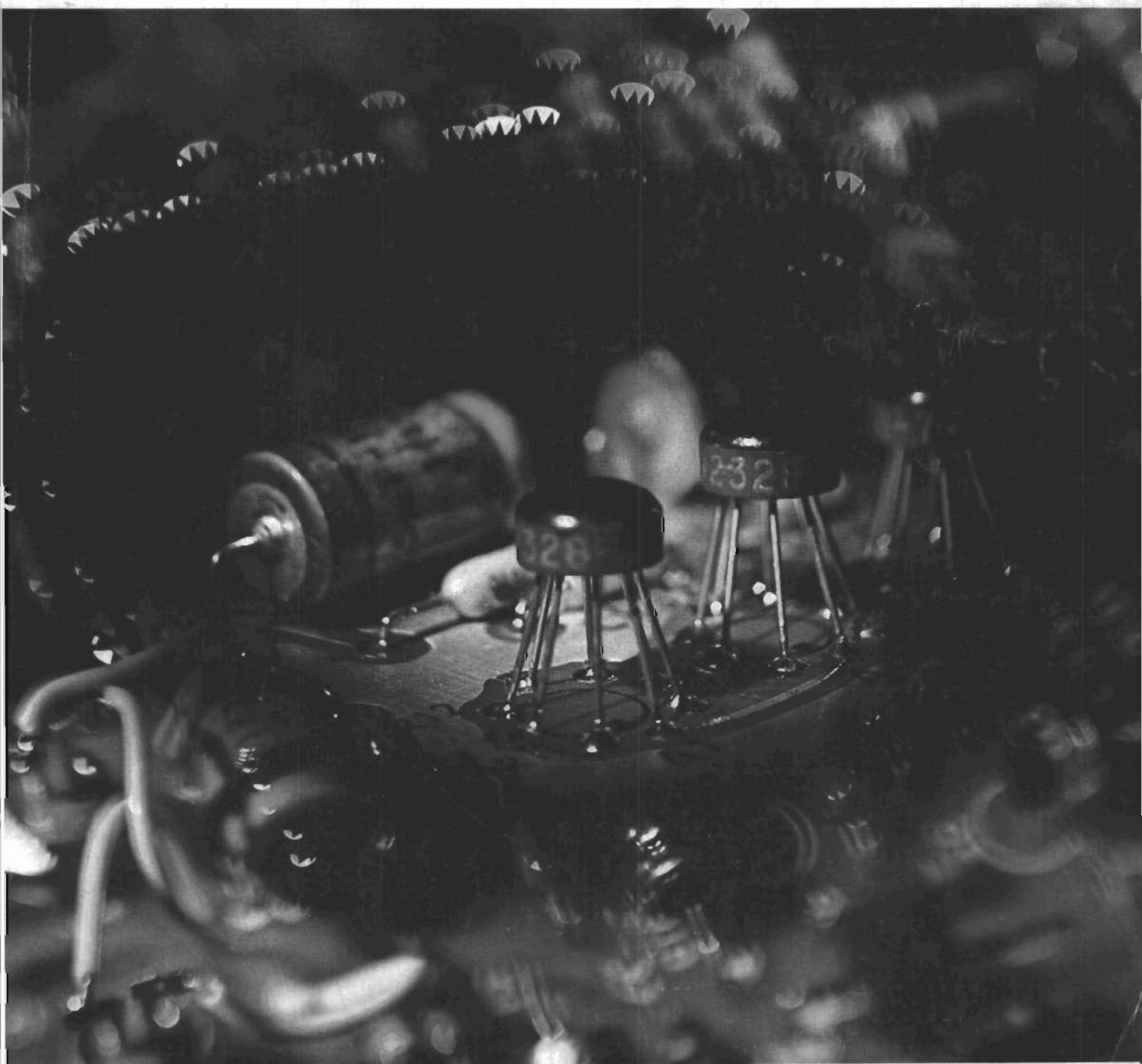
elektronik¹² SPECIAL

Årsga Elektronikhistoriska Förening
www.aef.se

7047

1969
PRIS 9:50
INKL MOMS

TILLFÖRLITLIGHET HOS KOMPONENTER



Tillförlitliga

ROEDERSTEIN KOMPONENTER

Alla Roederstein-komponenter
har en mycket hög tillförlitlighet
i sin användningsklass

Om Ni har extremt höga tillförlitlighetskrav
rekommenderar vi Er:

KT-1811 EROFOL I Ho, polyesterfoliekondensatorer, miljö-
klass -55/+125/56

MKT-1829 EROMET 100 Hm, Hy, metalliserade polyester-
foliekondensatorer, -55/+125/56

MKC-1862 EROMAK M Hi, metalliserade polycarbonatfolie-
kondensatorer -55/+100/56

ETS tantalkondensatorer enl. MIL -C-26655 style CS 12-CS
13, -55/+125/56

SK-2 ytskiktssmotstånd 1/8 W - 1/4 W, 6,5x2,3 mm,
-55/+125/56

RV 4, RV 6 potentiometrar (Clarostat) MIL-R-94B Car. X
eller Y

EFL - EBC elektrolytkondensatorer, -40/+85/56

Om Ni vill ha komponenter för något mildare miljökrav
t.ex. -40 eller -55/+100/21, rekommenderar vi

KC 1826 EROMAK II Hg polycarbonatfoliekondensatorer

MKT-1822 EROMET 85 Hb metall, polyesterfoliekondensa-
torer

ETP tantalkondensatorer i dropppform

EB, EG elektrolytkondensatorer (-40/+85/56)

(Många tillverkare använder och klassar dessa Roederstein-
komponenter och jämförbara typer för miljöklass -55/+125/
56)

Löpande egna laboratorieprov och parallellprovningar hos le-
dande industriens materialkontrolllaboratorier samverkar med
en målsättning:

Alla Roederstein-komponenter tillverkas för maximal drift-
säkerhet inom sitt användningsområde

Välj Era kondensatorer och motstånd ur Europas största
tillverkningsprogram av professionella och semi-profes-
sionella R- och C-komponenter:

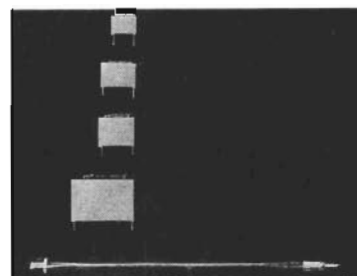
FIRMENGRUPPE ROEDERSTEIN

8300 Landshut, Tyskland

Inf.tj. nr 1



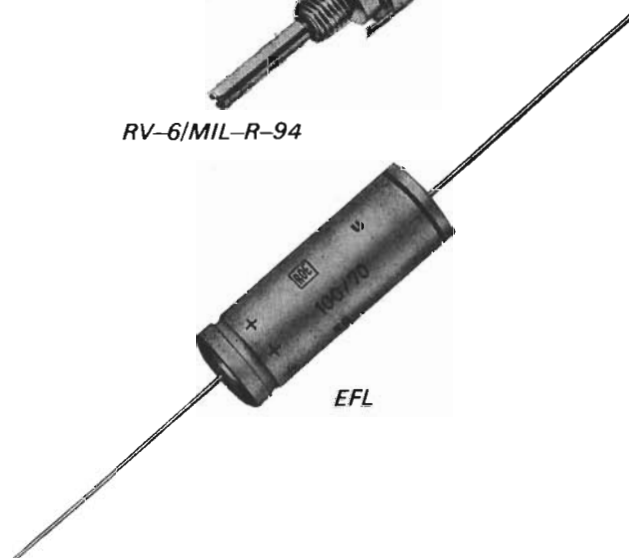
MKT-1829/EROMET 100 Hm



MKC-1862 EROMAK M Hi



RV-6/MIL-R-94



EFL

Uppllysningar genom generalagenten:

OLOF KLEVSTAV AB
OKAB

SEAF
LE LAGENT

Box 601 - 126 06 Hägersten - 08/88 01 35



FACKPRESSFÖRLAGET AB 1969

Tillförlitlighet hos komponenter

Av civilingenjör T G CHARLES

INNEHÅLL

Introduktion	9
Allmänna begrepp och synpunkter	10
Miljö och konstruktion	14
Fasta motstånd	18
Varierbara motstånd	24
Kondensatorer	30
Omkopplare och kontaktidon	38
Tryckta kretsar	43
Halvledarkomponenter	50
Elektronrör	66
Felmekanismer och felanalys	68
Tillförlitlighet i framtiden	72

APPENDIX

Kommentarer och synpunkter	75
Informationskällor för tillförlitlighetsdata	76
Litteraturförteckning	78

REDAKTION

Chefredaktör: Clas-Göran Wanning
I redaktionen: Gunnar Christiernin,
Anna-Lisa Norrsäter

Inköpsregister	100
----------------------	-----

KVALITETSKONTROLLERADE KOMPONENTER

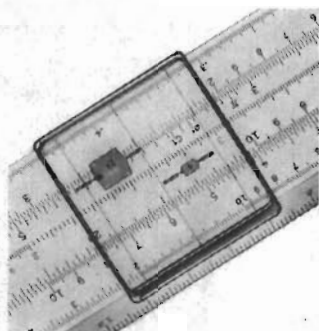
**Pulstransformatorer och
fördröjningsledningar**



**Hög tillförlitlighet
Låg distorsion
Små dimensioner**

NYHET!

**NCC Microcap[®] för hybrid-
integrerade kretsar**



Tekniska data

Temperaturområde: -55° till $+85^{\circ}$ C
Kapacitansvärden och toleranser:
0 001 till $22 \mu F \pm 20 \%$
Spänningsserier: 6, 10, 16, 20, 25,
35 VDC
Förlustfaktor: Max. 10 % vid 120 Hz/S
Max. läckström: Max. $1 \mu A$ mätt vid 25° C
5 min. efter tillslagen spänning.

INSTRUMENT FÖR KVALITETSKONTROLL OCH PRODUKTION I ELEKTRONISK INDUSTRI

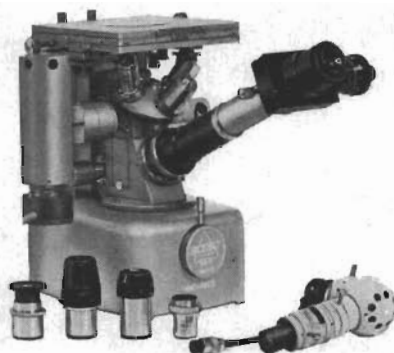


GREY 5/40 nytt stereomikroskop, utformat för den elektroniska industrins behov. Kvalitetskontroll, montering av små komponenter är några användningsområden för detta lättarbetade instrument.

Inteferensmikroskopi...

Ett viktigt hjälpmedel för mätning av skiktjocklek, ytfinitet samt för att upptäcka mikrosprickor.

Vi har utvecklat ett instrument för detta ändamål — det enda i marknaden som dessutom är komplett utrustat för "normal mikroskopi" upp till $1500\times$ förstoring.



Nyhet!

ULVAUTO-6 hålkortsstyrd förångningsanläggning.
Vakuum 1×10^{-7} — 1×10^{-2}
Styrd substrattemp. $0-400^{\circ}$ C
Ger skiktet hög homogenitet



Gallenkamp
klimatskåp för
miljöprovning
av elektronik.

Temperaturområde
 $0-100 \pm 0.5^{\circ}$ C. Rel.
fuktighet upp till 100
%. Finns i olika utföranden med skrivare, programverk, UV-bestrålning m.m.



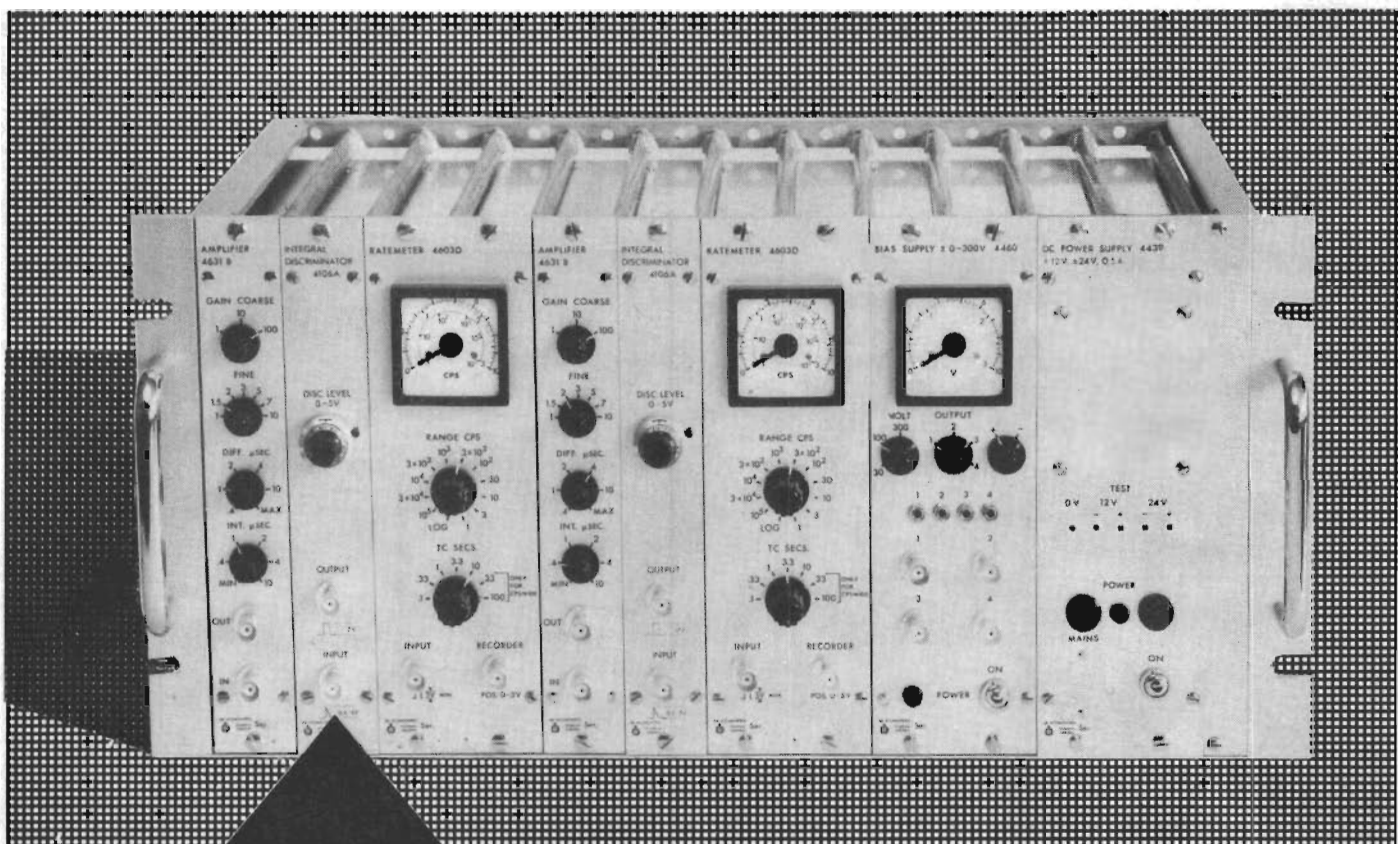
RING ELLER SKRIV TILL

KJELLBERGS SUCCESSORS AB

Avd. Teknovac

Drottninggatan 14 • Fack • 103 20 Stockholm 16 • Telefon 08/23 62 60 • Telegramadress Kjellbergs

Informationstjänst nr 2



NIM (NUCLEAR INSTRUMENT MODULES)

ELEKTRONIK

**för ISOTOPTEKNIK
och NUKLEÄRMEDICIN**

AB Atomenergi kan nu erbjuda följande moduler, som ses inplacerade i apparatstommen på bilden:

- Förstärkare 4631 B
- Integralkiskriminator 4106 A
- Differentialdiskriminator 4105 C
- Ratemeter 4603 D
- Förspänningsenhet för halvledardetektorer, Bias Supply 4460
- Likströmsaggregat, DC Power Supply 4439



Ytterligare enheter kommer att introduceras på marknaden under våren 1969.

AB ATOMENERGI

FÖRSÄLJNINGSKONTORET, BOX 43 041, 100 72 STOCKHOLM TELEFON 08/18 80 20

SUHNER - Klämkontakter

snabbt och säkert montage

Den tillförlitliga kabelförbindningen görs snabbt och enkelt med ett klämverktyg, som inte medger några misstag.

Suhner klämkontakter är klassificerade av Försvaret och tillverkas i serierna BNC, TNC, UHF, M och S (subminiatur). Ytterligare serier är under utveckling.

Vi står gärna till Er tjänst med ytterligare upplysningar om Suhners HF-kontakter och HF-kabel. Sänd in kupongen eller ring.

NAMN:

FORETAG:

ADRESS:

TELEFON:/.....

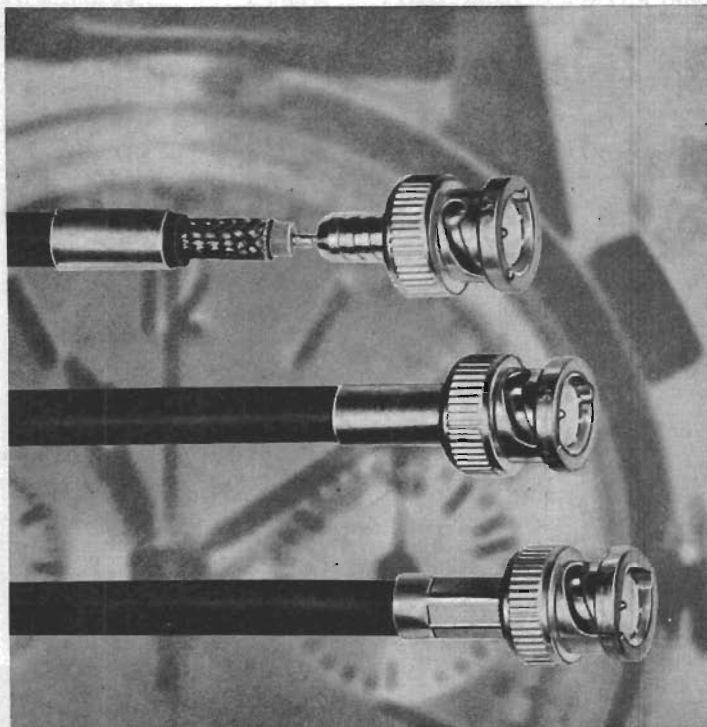
SUHNER+CO AG
SCHWEIZ

Generalagent för Sverige:

D. Carlberg & Son AB

Box 7229, 103 84 Stockholm 7

Telefon: 08/11 50 10, 10 80 50



Byggsatser med kretskort

Integrerade förstärkare

Typ	M-3/A2	M-3/A3	IC-2	M-5/A1	M-5/A2	IC-5	IC-15
Användning	förförst. mono	förförst. stereo	komplett först.mono	Effektförst. mono	Effektförst. stereo	Komplett först.mono	Effektförst. mono
Frekvensområde Hz	20–20 000	20–20 000	25–56 000	28–80 000	28–80 000	5–100 000	25–20 000
Distorsion %	0,1	0,1	5	0,04	0,04	1	1
Insignal mV	1,4	1,4	8	750	750	5	350
Inimpedans ohm	50 k	2×50 k	40 k	600 k	2×600 k	2,5 M	18 k
Utsignal W eff.värde	—	—	2	18	2×18	5	15
Utimpedans ohm	10 000	2×10 000	16	8	2×8	3–15	3,2
Drivspänning V= vid ström mA	30 10	30 20	27 150	52 700	52 1 400	18 600	30 850
Koppling	Kretskort	Kretskort	Integr. krets	Kretskort	Kretskort	Integr. krets	Integr. krets
Antal transistorer	4	2×4	7	7	2×7	13	5
Antal dioder	—	—	5	1	2×1	3	4
Mått mm	200×70×25		20×7×4			25×10×5	27×52×8
Pris nto	99: —	184: —		150: —	290: —	52: —	49: —

VIDEOPRODUKTER Olbersgatan 6A, 416 55 Göteborg

☐ Kronor 3: 65 bifogas i frimärken för katalog i lösblad. ☐ Kronor 7: 25 bifogas för katalog i ringpärm.

Namn: Adress: Postnummer: Postadress:
(Ni, som har katalog förut, får ytterligare blad utan beställning).

Sänd katalog över byggsatser med kretskort, integrerade förstärkare, rör, transistorer och övrig radio-materiel (rabatter på standardmateriel intill 52 %).

LABORATORIESATS — FLUIDIC

Denna laboratoriesats ger möjlighet att praktiskt studera Fluidic för rimlig kostnad. Laboratoriesatsen innehåller alla de Fluidic-komponenter som är nödvändiga för att bygga kompletta kontrollkretsar innehållande sådana funktioner som omkoppling, avkänning, logiska funktioner, kalkylering och räkning. Varje sats innehåller en 38-sidig handbok med sektioner för terminologi, symbolik,



glasmetallgenomföring. Booles algebra och tillämpningar.

Laboratoriesatsen säljes till ett mycket förmånligt pris.

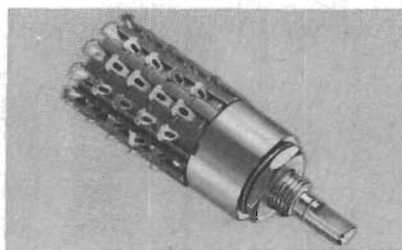
Fyll i kupongen för ytterligare upplysningar.

FEM DÄCK PÅ ETT DJUP AV 36 mm, MED UPP TILL 6 POLER PER DÄCK

Plessey miniatyromkopplare har en ytterdiameter av 17,5 mm. Mekanismen väger 13 gram och varje däck 1,5 gram. Isolationsresistansen — 1000 M Ω vid 500V.

Temperaturområde —55°C
+85°C.

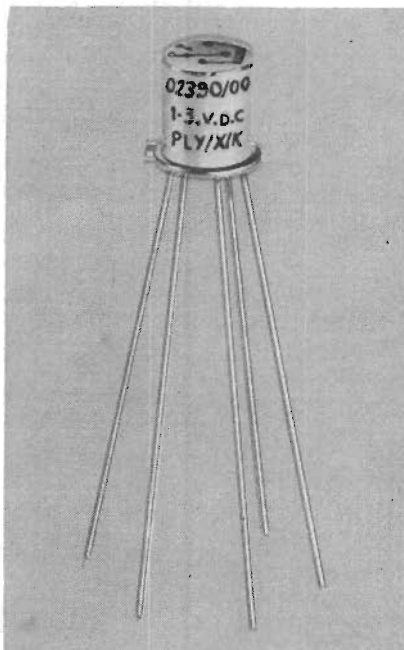
Kontaktresistans 15 m Ω .



LIVSLÄNGD — EN MILJON OPERATIONER MED DETTA T05-RELÄ

Med en diameter av 9,4 mm och höjd 10,2 mm, har detta Plessey mikrominiaturrelä en tillåten kontaktbelastning av 0,5 Amp vid 28V DC och en miljon operationer. Kontakterna kan sluta och bryta 1 Amp vid samma spänning, men livslängden reduceras till hälften. Kontaktfunktion — en växling. Kontakterna är guldpläterade och övergångsresistansen 100 m Ω .

Reläet är hermetiskt tätat med glasmetallgenomföring. Detta är bara ett av många reläer från Plessey.



PLESSEY KVALITETS- KOMPONENTER

Plessey Component Group är en av åtta självständiga grupper inom The Plessey Company Ltd. Totalt har företaget 68.000 anställda verksamma i 134 forsknings- och tillverkningsavdelningar representerade genom en världsomspännande organisation.

Produkterna från Plessey Component Group spänner över ett vitt område från de enklaste komponenter till avancerade anläggningar för industriellt och militärt bruk.

Fortlöpande grundforskning och produktutveckling bedrivs regelbundet vid företagets laboratorier — Product Assessment Laboratorier, Titchfield och Allen Clark Research Centre, Caswell.

Jag önskar ytterligare upplysningar om:

- ☐ Fluidic
- ☐ Miniatyromkopplare
- ☐ CJ relä

Namn _____

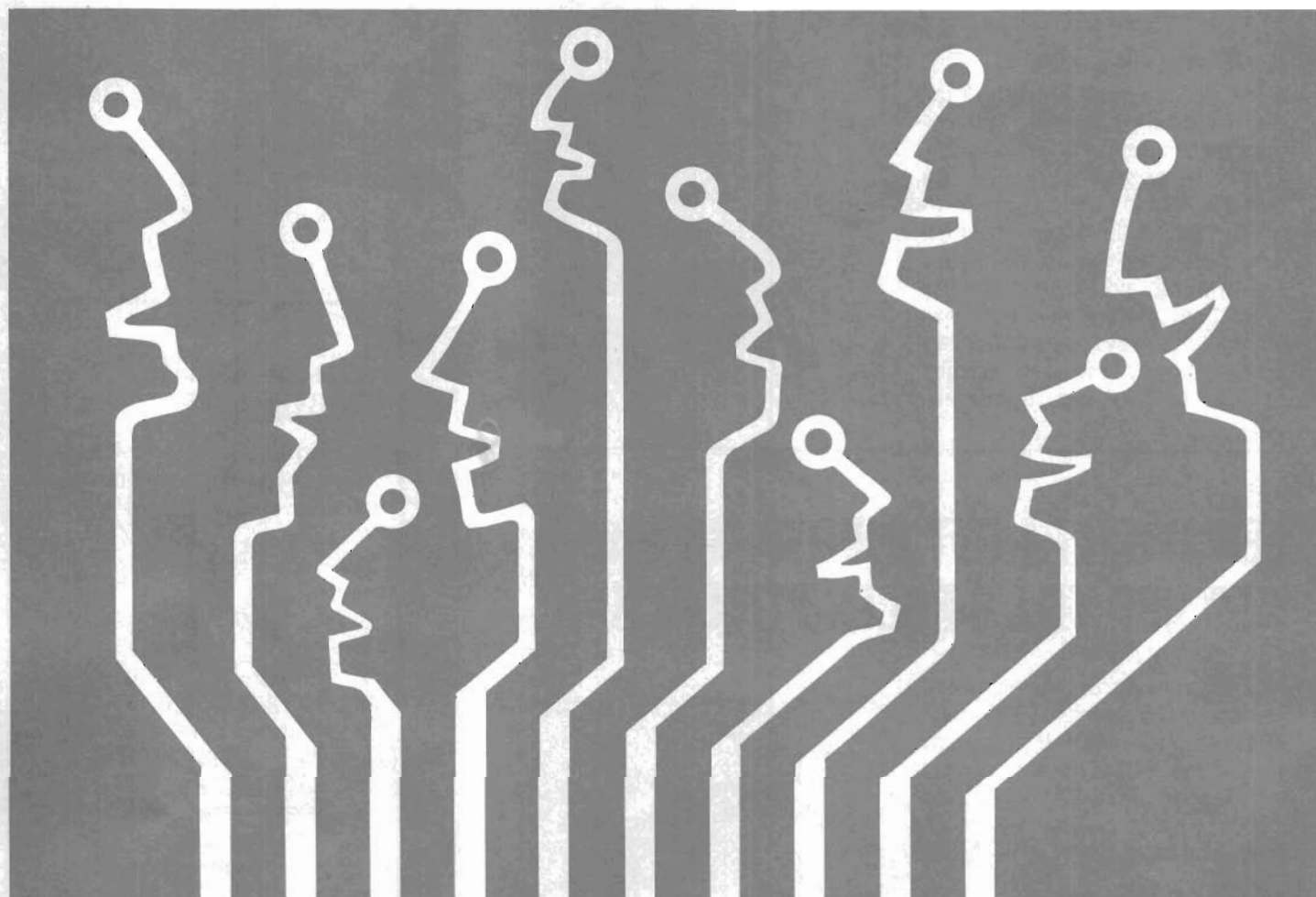
Adress _____

Telefon _____

ESD/5



HAMMAR & Co AB
Vanadisvägen 24
113 46 Stockholm



Information — Samarbete — Bästa resultat

»Ensamma vargen» har det allt mer besvärligt att hänga med dagens snabba utveckling. Nya komponenter kräver nya typer av mönsterkort med fler funktioner på mindre utrymme.

Cromtryck är medlem i den ledande gruppen av mönsterkorttillverkare och har alltid tillgång till senaste produktionsmetoder och forskningsrön hos Photocircuits Corp, USA — Technograph Ltd, England — AEG, Grundig och Ruwel Werke, Västtyskland — Chukoh och Hitachi, Japan m fl.

Tag till exempel **NT** (Nya Tekniken), som vår grupp utvecklats för »Dual in Line»-kretsar:

Korten har ledningsmönstret helt täckt med 2-komponent epoxylack och har hålen selektivt metalliserade med koppar. Tack vare detta kan isolationsavstånden minskas och korten blir trots detta okänsligare för miljöpåverkan.

Ni får in fler komponenter på varje kort = »tätare packning». Detta ger lägre kostnad. Våglödning reducerar kostnaden ytterligare! Och det är NT avsett för.

Ett annat exempel:

Photocircuits-gruppens **tennplätning**, som ger bättre lödning på kortare tid. Härigenom minskar risken för att lödpunkten lossar (defoliering).

Denna typ av tennplätning kan lagras längre utan att lödbarheten påverkas.

Våra tillverkningsmetoder gör att komponenterna kan placeras utan tanke på »modul»-nät.

Vår kunskap om olika tillverkningsmetoder och våra resurser att utvärdera resultat ger oss möjlighet att tillgodose de stora kvalitetskrav, som måste ställas på dagens mönsterkort, oavsett om de är enkla eller komplicerade.

Snygga, välgjorda mönsterkort kostar så litet (om ens något) extra. Fråga oss!

CROMTRYCK AB

Avdelning Strömtryck

Tel. 08-37 26 40



Civilingenjör T G Charles har ca 25 års erfarenhet inom komponent- och tillförlitlighetsområdet. Han började sin verksamhet hos brittiska arméns forskningsanstalt och var senare chef för Aseas komponent- och tillförlitlighetslaboratorium. År 1966 startade han Charles Consulting AB i Västerås, vars verksamhet går ut på att utföra bl a tillförlitlighetsberäkningar, ombesörja kvalitetskontroll och miljöprovning av komponenter samt att ge råd vid igångsättning av kvalitets- och tillförlitlighetskontroll.

En del av arbetet utförs på uppdrag av Försvarets Teletekniska Laboratorium (FTL).

Introduktion

Under år 1967 och 1968 har i Elektronik publicerats en serie artiklar under titeln »Tillförlitlighet hos komponenter», författade av civilingenjör T G Charles. Eftersom artikelserien rönt ett mycket stort intresse från läsarna har vi funnit det angeläget att samla dessa artiklar till en specialutgåva av Elektronik.

Tillförlitligheten hos komponenter är en avgörande faktor när det gäller att optimera det ekonomiska utbytet vid tillverkning av viss elektronisk utrustning. Syftet med artikelserien är att föreslå åtgärder som kan vidtagas för att öka en utrustnings tillförlitlighet samt att presentera data som underlättar en bedömning av konstruktionsmarginalerna.

I tabeller och diagram anges värden på tillförlitlighet för såväl aktiva som passiva komponenter. I de inledande kapitlen ges allmänna synpunkter och definitioner samt redogörs för miljöbetingelser för och uppbyggnad av elektronisk apparatur. Därefter redogör författaren för tillförlitligheten hos motstånd. Olika typer av fasta motstånd, som massa-, kolskikt- och metallfilmmotstånd samt trådlindade motstånd behandlas var för sig. Stort utrymme ägnas även åt varierbara motstånd.

Kondensatorer kommenteras ingående och värden på tillförlitlighet ges såväl för polyester-, glimmer- och glaskondensatorer som för elektrolyt- och tantal-kondensatorer.

Ett kapitel ägnas åt omkopplare och kontaktdon – komponenter som fordrar särskild uppmärksamhet. Strömställare och omkopplare ges det största utrymmet men även tillförlitligheten hos reläer kommenteras.

Halvledarkomponenter har diskuterats mycket de senaste åren. Nya tillverkningsmetoder och nya typer av halvledare har kontinuerligt förändrat situationen för kretskonstruktörerna och gjort det svårt att bedöma halvledarkomponenternas tillförlitlighet. Förf har emellertid noga följt denna utveckling och ger data på tillförlitlighet som felmodsfördelning, grundfelintensitet och typiska parameterförändringar för transistorer, dioder, tyristorer och integrerade kretsar.

De avslutande kapitlen hör till de mest intressanta. I dessa klarläggs felmekanismernas natur och man får sammanfattande synpunkter på hela tillförlitlighetsproblemet.

Clas-Göran Wänning

Allmänna begrepp och synpunkter

□ □ Syftet med denna artikelserie är dels att försöka kartlägga en del praktiska åtgärder, som utan svårighet kan vidtas för att öka en utrustnings tillförlitlighet, dels att presentera data, som underlättar en bedömning av konstruktionsmarginalernas ekonomiska betydelse.

Det är inte möjligt att här redogöra för alla befintliga komponenttyper och fabrikat och ange den individuella graden av felintensitet hos dessa. Uppgifter härom kan i regel erhållas från tillverkaren eller från de institutioner som specialiserat sig på sådana informationer t ex FTL's felintensitetsbank (FTL = Försvarets Teletekniska Laboratorium). I artikelserien kommer däremot att redogöras för de faktorer som beror på elektriska, mekaniska eller klimatiska påkänningar.

NÅGRA TILLFÖRLITLIGHETS-BEGREPP

De begrepp och definitioner som gäller tillförlitlighet behandlas i n av Svenska Elektriska Kommissionen (SEK). De normer som därvid fastställs kommer att utges som svensk standard senare i år. Några svenska och engelska uttryck, som förekommer i information om tillförlitlighet, ges i tab 1.

KONFIDENSGRÄNSER

Den strikta sannoliketskalkylen gäller endast för ett oändligt antal provobjekt. När antalet fel är litet eller när det inte är något fel alls är det nödvändigt att komplettera uppgifterna genom att ange en viss konfidensgräns. Se fig 1. Konfidensgränsen anger det »förtroende» man har för att resultatet, ökat med en viss faktor, kommer att gälla för liknande men icke provade objekt. Egentligen finns både övre och undre konfidensgränser, men i samband med felintensitetsbedömning är det vanligt att endast använda den övre gränsen, dvs den högsta felintensiteten.

Tidigare har det varit praxis att ange data för 90 eller 95 % konfidensgräns.

Det är motiverat att ange dessa gränser när det gäller kvalitetskontroll genom provtagning. Vid tillförlitlighetsberäkningar är det mera realistiskt att använda 60 % konfidensgräns. I praktiken motsvarar 60 %-gränsen en ökning av antalet verkliga fel med 1. Detta besvarar i sin tur den fråga som ofta uppkommer vid diskussion av ett provningsresultat utan fel: »Hur vet man att ett fel inte skulle ha inträffat om provningen hade fortsatt ett dygn till?» En annan motivering är att 90 %-gränsen nästan motsvarar det sämsta fallet (»worst case») och det är knappast sannolikt att samtliga komponenter ligger vid denna gräns samtidigt. Om man i ett praktiskt fall använder en 60 % konfidensgräns för de ingående komponenterna erhåller man för hela utrustningen en 90 % konfidensgräns eller högre, beroende på antalet komponenter. När inget annat sägs används här genomgående 60 % som övre konfidensgräns.

EKONOMISKA ASPEKTER

Strävan efter hög tillförlitlighet har direkt eller indirekt ekonomiska orsaker. En »balansräkning» som illustrerar detta visas i fig 2. Tillverkare av elektronisk apparatur bör inte bortse från denna sammanställning, eftersom den direkt kommer att påverka hans möjligheter att sälja sina produkter.

Man kan ifrågasätta riktigheten av att »baka in» underhåll i funktionssannolikheten. Det föreskrivna underhållet innebär nämligen en kostnad för löner och även för driftstopp i de fall underhållet inte kan utföras under perioder när utrustningen inte utnyttjas. I vissa fall måste man vid underhåll även räkna med materialkostnaderna. Fel inträffar som regel vid drift, och oftast är kostnaderna för driftstoppet övervägande. Därför är det viktigt att tiden för felsökning och reparation är ett minimum.

Som regel kan man utgå från att den beräknade årliga vinsten, K_v , minus summan av förlusten, K_f , skall överskrida

25 % av anskaffningskostnaden. I vissa industrier kan kostnaderna för driftstopp uppgå till storleksordningen 100 000 kr/h. I sådana fall kan en relativt stor ökning av anskaffningskostnaden vara motiverad om den medför en minskning av felintensiteten och en minskning av tiden för felsökning och reparation. Vid kontinuerlig drift gäller detta även för underhållstiden.

Å andra sidan finns tillämpningar där förlusterna vid ett driftstopp är små och huvudsakligen utgörs av de direkta kostnaderna för underhåll, felsökning och reparation. I sådana fall är det svårare att från ekonomisk synpunkt motivera större kapitalutlägg för att erhålla högre tillförlitlighet. Andra faktorer, såsom förlust av good-will, kan spela in, men verkningarna av dessa är mycket svåra att uttrycka i kronor.

När användaren skall bedöma lönsamheten hos en utrustning måste han således ta hänsyn till den verkliga vinsten sedan alla driftkostnader dragits från. Han bör undersöka olika alternativ för att få den grad av tillförlitlighet som ger maximal vinst.

Tillverkaren av utrustningen måste se på saken på ett annat sätt. Om prestationen hos en utrustning uppfyller användarens krav blir det, bortsett från leveranstid och andra kommersiella villkor, tillverkarens lägre försäljningspris eller utrustningens högre tillförlitlighet som bestämmer om han får sälja eller inte. Eftersom användaren kan beräkna en utrustnings lönsamhet måste även tillverkaren göra en liknande beräkning för att se om och i så fall hur mycket han behöver öka tillförlitligheten eller sänka priset. För en given tillförlitlighet är det oftast opraktiskt att sänka priset så mycket att det kompenserar användarens kostnader i samband med fel. Tillverkaren måste i stället

sträva efter att höja tillförlitligheten, helst utan att öka priset.

En varning är på sin plats för tankegången att höja funktionssannolikheten genom att öka underhållsinsatsen. Det är påtagligt att ju oftare man gör ingrepp i en utrustning – speciellt i en mera komplicerad sådan – desto oftare inträffar oväntade fel i utrustningen.

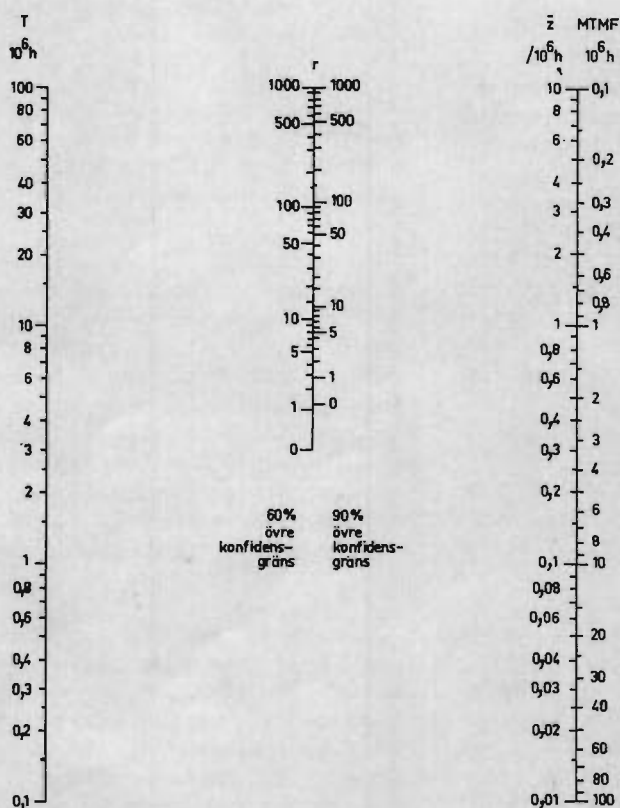
Allt tyder på att garanterade uppgifter om utrustningars tillförlitlighet kommer att bli vanligare i framtiden, även i de fall där konstruktören inte är tvungen att tillhandahålla sådana uppgifter. Det är viktigt att komma ihåg, att låg tillförlitlighet i en del av utrustningen inte kompenseras av en onödigt hög tillförlitlighet i en annan del, förutsatt att bägge delar skall fungera samtidigt.

REDUNDANS

Det är många som tror att de flesta tillförlitlighetsproblem kan lösas genom redundans. I praktiken är det emellertid relativt sällan man uppnår någon klar vinst genom att tillämpa redundans. I vissa fall kan man förbättra tillförlitligheten genom att dubblera komponenter, men i princip förutsätter detta att man i förväg vet vilket fel som kan uppstå hos komponenten ifråga. Parallellkoppling av reläkontakter ökar avsevärt funktionssannolikheten när felet består i utebliven kontakt, men samma åtgärd skulle få katastrofala följder om felet är att kontakterna klibbar.

Hos motstånd och kondensatorer kan serie- och parallellkombinationer avsevärt öka tillförlitligheten. En förutsättning är

dock att kretsvillkoren är sådana att stora ändringar i parametrarna kan tillåtas. Om det tex finns risk för avbrott i en viss motståndstyp med felintensiteten $\bar{z} = 15 \cdot 10^{-6}$ h kan två motstånd parallellkopplas, varefter risken för totalt avbrott blir endast $0,7 \cdot 10^{-6}$ (under 3 000 h). Å andra sidan ökar resistansen hos kombinationen med 100 % om ett avbrott inträffar. Kan en så kraftig ändring tolereras är det bättre att välja ett motstånd med kanske sämre resistansstabilitet men med mindre benägenhet till avbrott. Om däremot en så kraftig ändring inte kan tolereras måste flera motstånd parallellkopplas. Detta har den nackdelen att varje motstånd kommer att ha ett högre resistansvärde och kanske högre felintensitet. Ökat antal förbindningar påverkar också felin-



Beräknad vinst genom utrustningens anskaffande	K_v	Underhåll — löner	—
		— driftstopp	—
		— material	—
		Felsökning och reparation — löner	—
		— driftstopp	—
		— material	—
	K_v		ΣK_f

Fig 2. »Balansräkning» över totallönsamheten för en utrustning.

Fig 1. Nomogram för felintensiteten $\bar{z}$ eller MTMF för given totaltid T och antal fel r med 60 % resp 90 % konfidensgräns.

Tab 1. Förklaring på några uttryck som förekommer i information om tillförlitlighet.

Tillförlitlighet (Reliability)	Produkten av funktionssannolikheten och tillgänglighetsknoten
Funktionssannolikhet (Probability of survival) (R)	Sannolikheten för att en enhet skall fungera som avsetts under viss tid och vissa förhållanden
Tillgänglighetsknot (Availability) (A)	Förhållandet mellan brukbar tid (klartid) och kalendertid
Plötsliga fel (Sudden failure)	Fel som inte kan förutses genom tidigare mätningar eller kontroller
Katastroffel (Catastrophic failure)	Plötsligt fel, som är totalt
Gradvist fel (Gradual failure)	Fel som uppstår så långsamt, att det kan förutses genom kontroll
Felintensitet (Failure rate) ($\bar{z}$)	Antalet fel (r) dividerat med det totala antalet komponenttimmar (T)
Medeltid mellan fel — MTMF (Meantime between failures — MTBF)	Reciproken av medelfelintensiteten, ($\bar{z}$)
Redundans (Redundancy)	Mer än ett medel finns för att utföra en given funktion

tensiteten i fel riktning.

Praktisk tillämpning av redundans är mest lämplig för aktiva komponenter. Metoden ökar emellertid alltid utrustningens vikt och volym och komplicerar kretskonstruktionen. Automatiskt leder detta till en ökning av antalet lödförbindningar, kopplingar osv. Det kan också medföra en indirekt nackdel, eftersom upptäckten av befintliga fel kan försvåras med resultat att den dyrt vunna redundansen inte längre existerar. Regeln måste därför vara: *Använd redundans endast när alla andra lösningar har visat sig otillräckliga.*

Den ekvivalenta felintensiteten $\bar{z}'$ vid redundans är en funktion av tiden. Man antar nämligen att redundanta kretsar, som består av delar där feltendensen är exponentiellt fördelad, är i sig själva så fördelade. Fig 3 visar förhållandet mellan felintensiteten och den ekvivalenta felintensiteten för två redundant kopplade element. Som synes är vinsten störst där grundfelintensiteten är låg och tiden kort. Med andra ord är vinsten störst där motivering till redundans är minst. När grundfelintensiteten är hög och tiden lång går den ekvivalenta felintensiteten mot 0,5 $\bar{z}$ (för två element).

ANKOMSTKONTROLL

Att användaren själv kontrollerar komponenterna vid ankomsten kan tyckas vara ett onödigt dubbelarbete, eftersom komponenttillverkaren redan bör ha utfört all kontroll på sina produkter. Ankomstkontroll

är dock värdefull från flera synpunkter:

- 1) Användaren kan kontrollera hur effektiv tillverkarens kontroll är och avslöja felleverans eller felmärkning.
- 2) Parameterfördelningen kontrolleras. Denna är av betydelse för konstruktionsmarginaler och följaktligen för tillförlitligheten.
- 3) Om komponenttillverkaren inte utför åldringsprov e_d och det förflutit en tid mellan tillverkning och ankomst, innebär kontrollen en sorts lagringsprov på komponenterna.
- 4) I en del fall kan man vid kontrollen utföra enklare specialmätningar i syfte att gallra bort komponenter som kommer att ha en kortare livslängd än normalt. Ett exempel: 2 % av en viss transistor typ utgallras. Om man antar att endast hälften av de utgallrade transistorerna skulle ge upphov till fel och att hälften av dessa fel, dvs totalt 0,5 % visar sig inom ett år, blir $\bar{z} \approx 0,6/10^6$ h. Eftersom $\bar{z} \approx 0,1$ för normala transistorer vid måttlig belastning skulle felintensiteten bli sex gånger så stor om ankomstkontrollen slopades.
- 5) Den tid det tar att uppnå en given tillförlitlighet hos den färdiga utrustningen (»inbränningstiden») ökar med ökande antal felaktiga (svaga) komponenter i utrustningen. Hos en viss transistoriserad utrustning kan denna tid vara 160 h vid en begynnelsefelkvot = 2,0 % och 70 h vid

en felkvot = 0,1 %. Detta bör ses i samband med det faktum att mätningar på en komponent ger mera information om dess »hälsotillstånd» än funktionsmätningar på den färdiga utrustning i vilken komponenten ingår. Funktionsfel i utrustningen uppstår först där komponenten driver mera än vad konstruktionsmarginalen kan tolerera.

Stickprovstagning är tillräcklig för punkterna 1 och 2 och i vissa fall för punkterna 3 och 5. För punkt 4 däremot måste alla komponenter provas.

Ankomstkontroll kostar emellertid pengar. Huruvida den kan anses lönande beror på hur stora besparingar den kan leda till. I regel vill man undvika att fel upptäcks sedan utrustningen levererats. Sådana fel kan orsaka stora utgifter och även good-will-förlust. För att undvika detta får man välja mellan långvarig »inbränning» före leveransen och kortare inbränning i samband med väl avvägd ankomstkontroll. Begreppet inbränning omfattar även miljöprovning.

Som grov tumregel gäller, att ankomstkontrollen är ekonomiskt motiverad om kostnader för felsökning och reparation överstiger 25:– per fel. Detta belopp måste även inkludera den del av merkostnaden för längre inbränning av en viss utrustning som behövs för att påvisa

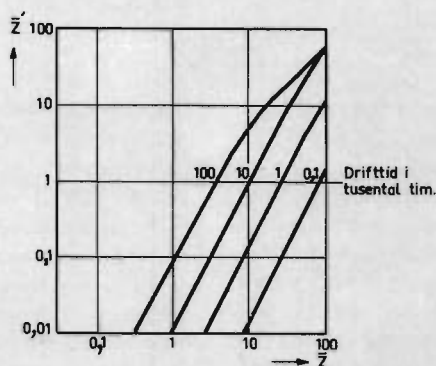


Fig 3. Ekvivalent felintensitet $\bar{Z}'$ för två redundanta element som funktion av felintensitet per element $\bar{Z}$ och drifttid.

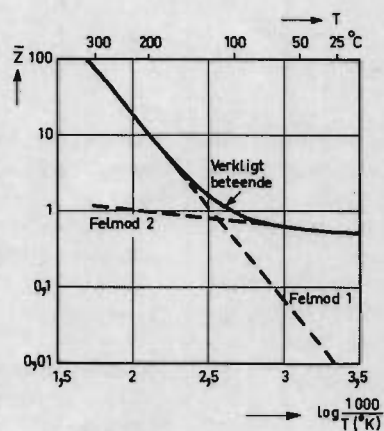


Fig 4. Resultat av två olika felmoders verkningar vid provning över ett större temperaturområde.

50 % av det antal fel som ankomstkontrollen skulle ha avslöjat.

I regel är ankomstkontroll i form av allkontroll lönsam vid felkvoter över 1 %. I form av stickprov med provtagning 1–10 % bibehålls lönsamheten ned till ca 0,01 % felkvot, beräknad på hela partiet. Man bör dock komma ihåg att ingen ankomstkontroll garanterar noll fel; i praktiken reducerar den felantalet med en faktor som ligger mellan 2 och 50.

TILLFÖRLITLIGHETSDATA

Alla tillförlitlighetsdata bör tas med en viss reservation. Man bör ha följande i minnet:

- De mest trovärdiga data är de som kommer fram vid praktiskt bruk av utrustningen. Dessa data kan emellertid inte alltid utnyttjas eftersom det är svårt att samla dem i tillräcklig omfattning. Dessutom är driftförhållandena inte alltid kända.
- Största mängden data kommer från tillförlitlighetsprovningar, oftast i form av långtidsprov som gjorts under större påkänningar än vid normal drift. Provmiljöerna är ofta väldefinierade, men avviker från de praktiska. Problemen blir då att få fram omvandlingsfaktorer för den uppmätta felintensiteten.
- Många tillämpade omvandlingsfaktorer är baserade på Arrhenius lag, som relate-

rar felintensiteten med det reciproka värdet av den absoluta temperaturen. Denna lag är tillämplig endast om samma felmod verkar över hela det aktuella temperaturområdet. Oftast har man flera felmoder, som har olika temperaturberoende. En extrapolering blir under sådana förhållanden mycket missvisande. Av samma anledning kan ett accelererat inbränningsprov vid en mycket hög temperatur slå ut individer, i vilka fel sannolikt inte skulle uppstått vid normal temperatur. Provet är dessutom relativt ineffektivt när det gäller att gallra bort de individer som svarar för merparten av fel i drift. Se fig 4.

Värdet på felintensiteten kan inte heller tillämpas för vilken tidrymd som helst. Egentligen gäller det endast för den tid som provet har pågått. I de flesta fall kan man dock tillämpa data upp till 3–5 gånger provtiden. Detta beror på att felintensiteten i verkligheten ofta minskar med tiden och således ej är konstant, vilket man antar i sina beräkningar. Man skall dock se upp så den extrapolerade tiden inte tränger in i utslitningsperioden.

- Tillförlitlighetsdata gäller strikt för det provade partiet. Har komponenttillverkaren en tillfredsställande kvalitetskontroll och verklig kontroll över tillverkningen, kan man anta att data för det provade partiet även kommer att gälla för övriga partier. Det är därför en förtroendesak för

tillverkaren att inte ens införa skenbart bagatellartade ändringar i produktionen utan att först ha försäkrat sig om att tillförlitligheten är bibehållen.

- Det är väsentligt att data inte har »censurerats» på något sätt. I grövre fall blir inte alla fel redovisade, med resultat att data är värdelösa. En dold censur kan förekomma i de fall där en viss inbränning sker. De bästa individerna går sedan till provning. Tyvärr måste man konstatera, att en neutral provningsinstitution i vissa fall kommer fram till en högre felintensitet än den av tillverkaren uppgivna.
- Definitionen av fel är mycket viktig och måste preciseras om data skall vara praktiskt användbara. Vad konstruktören har praktisk nytta av att veta är förhållandet mellan felintensiteten och alla definitioner på fel, eftersom han då kan se var han skall lägga en ekonomisk marginal. De provade parametervärdena måste anges, eftersom felintensiteten och ibland även konstruktionen kan variera, exempelvis för motstånd av en och samma typ men med olika resistansvärden.
- Den tid som motsvarar MTMF är inte någon garanterad tid för felfri funktion. Sannolikheten att inget fel inträffar under MTMF är endast $1/e$, ca 37 %.

Sist men inte minst: Tillförlitlighetsdata är endast ett hjälpmedel i konstruktionsarbetet och kan således inte ersätta sunt förnuft och erfarenhet. □

Miljö och konstruktion

□ □ Vid konstruktion av en utrustning avgör konstruktören den slutgiltiga tillförlitlighet som utrustningen kommer att ha i drift. Även om typgodkända och i övrigt fullt acceptabla komponenter används kan utrustningens tillförlitlighet bli otillfredsställande till följd av bristande stabilitet i den miljö i vilken utrustningen skall användas.

MILJÖ

Begreppet miljö innefattar såväl klimatiska som mekaniska påkänningar, vilka från omgivningen överförs till utrustningen och dess komponenter. Standardiseringen av miljöklasser och provningsförfaranden är numera rätt välutvecklad; den beskrivs bl a i IEC-publikation 68, andra upplagan, som även finns i svensk översättning (SEN 431600).

Som allmän regel gäller att det är fördelaktigare för såväl användaren som tillverkaren att man konstruerar en utrustning för att uppfylla en viss stränghetsgrad enligt någon vedertagen norm än att man konstruerar efter kravet att den skall fungera tillfredsställande på en viss ort. Villkoret för att en utrustning skall anses vara konstruerad efter vettiga linjer är att användaren – gärna i samråd med tillverkaren – i förväg gett konstruktören besked om vil-

ka stränghetsgrader utrustningen skall tåla. Sett ur konstruktionssynpunkt har ett sådant tillvägagångssätt också den fördelen att konstruktören inte blir ansvarig för ett icke tillfredsställande resultat som beror på okända lokala miljöfaktorer. Även provningen av den färdiga utrustningen underlättas om det i förväg har angetts vilka stränghetsgrader utrustningen skall tåla.

Tillförlitligheten hos en utrustning minskar avsevärt i extremt stränga miljöer. För sådana miljöfaktorer som temperatur och fukt är det dock inte alltid de högsta värdena som gör att tillförlitligheten minskar; även låga värden kan inverka ogynnsamt. I tab 1 ges en sammanställning över olika miljögränser.

TEMPERATUR

Vid hög temperatur påskyndas de kemiska reaktionerna, och hos komponenter leder detta till att tiden till dess totalfel inträffar minskas. Ledningsförmågan hos de flesta icke metalliska material ökar med ökande temperatur, och detta ger upphov till ökande krypströmmar som ytterligare påskyndar nedbrytningen. Förhöjd temperatur påverkar också ändringarna i komponentparametrarna direkt, t ex till följd av temperaturoefficiensen. Sådana permanenta och cykliska förändringar hos parametrarna gör

att det krävs större konstruktionsmarginaler, speciellt i utrustningar med betydande egenuppvärmning med åtföljande hög övertemperatur.

Det råder inget tvivel om att det är av största vikt att varje individuell komponent hålls så sval som möjligt. Vid lokala omgivningstemperaturer på 40–50° C och däröver måste man överväga att vidta åtgärder som kan leda till en temperatursänkning. God luftcirkulation är mycket effektiv, men även värmespeglar och ytor med god värmeavgivningsförmåga reducerar temperaturen. Den värmestrålning som det här är fråga om utbreder sig rätlinjigt. Det är lätt att avleda sådan värme från värmealstrande komponenter och att hindra den från att påverka andra komponenter.

Medeltemperaturen i skuggan överskrider ingenstans i världen 40° C under längre tider, men betydligt högre temperaturer (80–100° C) kan förekomma i icke ventilerade utrymmen i direkt solsen, även i länder med relativt tempererat klimat. Ett soltak kan i sådana fall användas som skydd för utrustningen.

I vissa fall är omgivningstemperaturen hög på grund av att stora värmeållor finns i närheten. Det kan då vara väl värt att jämföra merkostnaden för svalluftsventilation med de besparingar som sådan ventilation skulle innebära i form av ökad tillförlitlighet hos utrustningen.

Fig 1 visar skillnaden mellan yt- och omgivningstemperaturen för en matt svart låda i fri luft om hänsyn tas till strålning och naturlig konvektion. Man bör komma ihåg att temperaturstegringen är beroende även av omgivningstemperaturen. För andra ytor bör värmeavgivningen multipliceras med de värden för ϵ , som anges i tab 2.

Hos små värmealstrande komponenter (t ex 1/4 W-motstånd, DO-7-dioder, TO-18-transistorer) leds 60–80 % av värmen bort genom anslutningstrådarna, som antingen skall vara långa (olämpligt ur vibrations-synpunkt) eller lödda till lämpliga kylidon. Om flera komponenter är lödda med korta trådar till en punkt med hög termisk resistans, gäller inte längre den nominella arbetskvoten för dessa komponenter. Bristande uppmärksamhet härvidlag kan resultera i att komponenterna får en temperatur som direkt försämrar tillförlitligheten, se fig 2 och 3.

Om man utnyttjar den goda värmeledningsförmågan hos t ex aluminium eller koppar måste man tänka på att kontakt-ytorna kan ha en förvånansvärt hög termisk resistans. Denna kan minskas något genom

Tab 1. Miljögränser. Extrema värden ej medtagna. Temperaturer inom parentes gäller endast i undantagsfall.

Typ av miljö	Geografiskt område	Temperatur (° C)	Max fukt (% RH)	Chock (g)	Vibration		Övriga miljöfaktorer
					(Hz)	(g)	
Militär miljö allmänt lättare	alla	– 55/+ 125	100	50–200	0–2 000	10	lågt lufttryck, damm övertr
	alla	– 25/+ 55	95	40	0–500	1–10	
Industrimiljö svår lättare	alla	(– 40)/+ 55	100	40	0–500	0–10	industriatmosfär, damm
	alla	(– 10)/+ 40	90	10	0–100	0–2	
Lagring i byggnad	Norden	– 40/+ 30	95	–	–	–	industriatmosfär
	tempererat	– 25/+ 40	98	–	–	–	
Transport	tropiskt	0/+ 60	100	–	–	–	mögel, damm
	sjö	0/+ 50	98	–	1–20	1–2	mögel, stapl
	land	Norden	– 40/+ 50	95	2–10	1–5	
	tempererat	– 25/+ 60	98	40	2–10	1–5	
	tropiskt	0/+ 100	100	40	2–10	1–5	
Flygtransport i tryckkabin ej i tryckkabin	alla	0/+ 30	80	10	10–150	0,5–3	stapl, solstrålning, regn
	alla	– 65/+ 70	100	10	10–150	0,5–3	
Hantering	alla	(– 40)/+ 70	100	40, 10 ms 200, 1 ms	–	–	

att man använder för ändamålet avsedda fetter. Inverkan av dessa är emellertid ringa i förhållande till metallernas värmeledningsförmåga.

Temperaturkänsliga färger är ett bra hjälpmedel vid undersökning av en prototyp. Temperaturfördelningen bör därvid undersökas noggrant.

Låga temperaturer orsakar vissa svårigheter, eftersom de kan ge upphov till relativt stora ändringar i parametrarna. I vissa fall fungerar komponenterna inte. Orsaken till detta kan vara av elektrisk eller mekanisk natur. En del av dessa förändringar är permanenta och är besvärande hos utrustningar som är avsedda att arbeta inomhus, men som har utsatts för kyla under transport eller lagring. Alla utrustningar som man kan förmoda kommer att transporteras och förvaras i nedkylda utrymmen bör därför kunna lagras i -25°C (helst -40°C) under viss tid utan att skadas. I detta sammanhang är det viktigt att kom-

Tab 2. Värmeavgivande förmåga ϵ hos olika ytor.

Yta	ϵ (0–200° C)
Teoretiskt svart, matt	1
Oljefärg, alla kulörer	0,92–0,96
Lackfärg, alla kulörer	0,80–0,95
Aluminiumfärg	0,25–0,70
Eloxiderad aluminium	0,2–0,8
Oxiderad aluminium	0,1–0,2
Rostfritt stål	0,2
Oxiderad mässing	0,6
Polerad mässing	0,1
Polerad aluminium	0,05
Polerad koppar	0,03

ma ihåg att de lågtemperaturprov som utförs ofta varar endast några timmar och således inte kan avslöja större permanenta förändringar eller ens avbrott. Många isolermaterial uppvisar mindre lämpliga mekaniska egenskaper vid låga temperaturer, och man kan inte heller bortse från sprängverkan på grund av isbildning i små sprickor.

FUKT

Den nedbrytande verkan som fukt har är mycket komplicerad. Nedbrytningen sker på många olika sätt. Vanligast är dimensionsförändringar och de kemiska reaktioner som uppstår när fukten bildar en elektrolyt. Den försämrade isolationsresistansen (3–6 storleksordningar vid hög relativ fuktighet) kan ge upphov till krypströmmar, som är skadliga i sig själva och som dess-

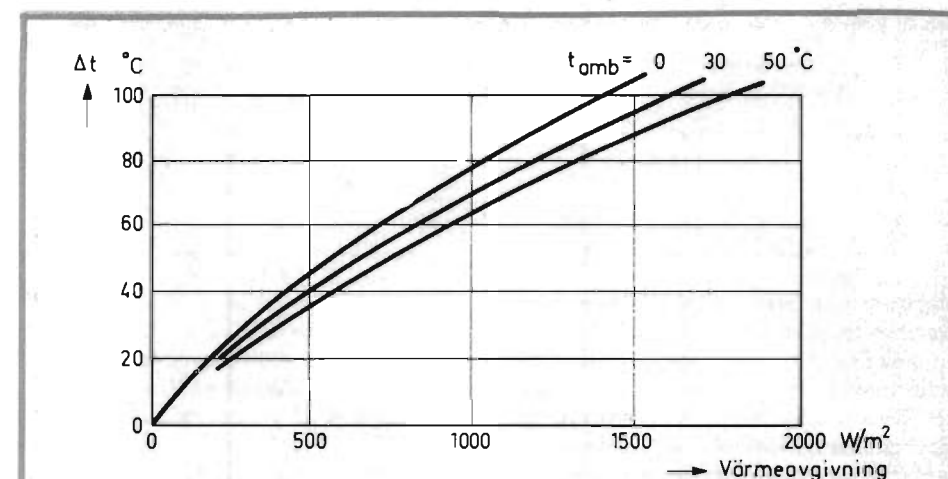


Fig 1. Övertemperaturen Δt som funktion av värmeavgivningen för en matt svart låda (30–100 l volym) vid olika omgivningstemperaturer t_{amb} .

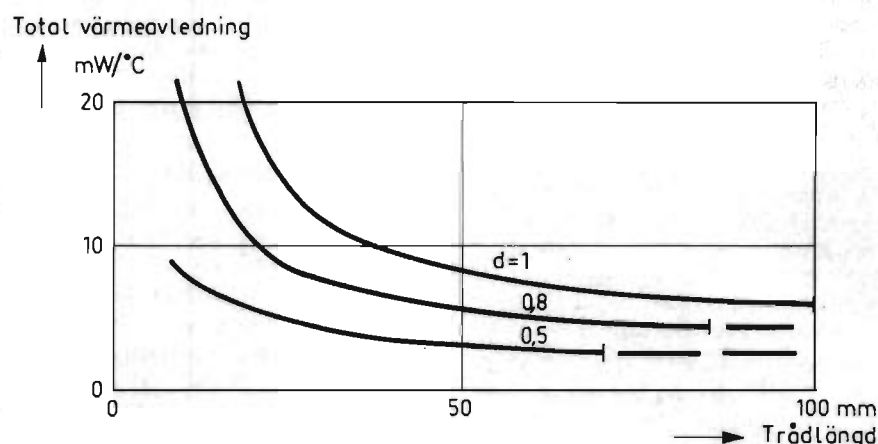


Fig 2. Approximativa värden för runda koppartråders totala värmeavledning (d = ledningsdiameter).

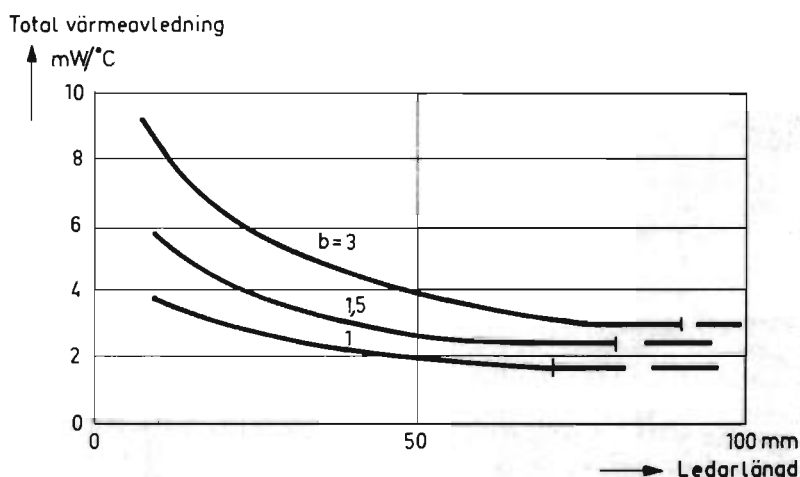


Fig 3. Approximativa värden för tryckta ledningars totala värmeavledning. Ledningstjocklek $70\ \mu\text{m}$ (b = ledningsbredd).

utom kan förorsaka felfunktion. Likströmmar påskyndar skadegörelsen. I svårare fall kan dessa icke önskade strömmar alstras på elektrochemisk väg inom komponenten eller utrustningen. Metalltornas naturliga skydd kan förstöras under fuktens inverkan varvid korrosion uppstår. Ett lämpligt fuktprov är värdefullt, inte bara för att man skall kunna bedöma själva fuktbeständigheten utan även för att man skall kunna fastställa i vilken utsträckning de ingående beståndsdelarna förenas med varandra.

Ett fuktskydd verkar i de flesta praktiska fall endast fördröjande på fuktens inverkan och måste anpassas efter varaktigheten hos den högsta förekommande fuktigheten. Man måste dock komma ihåg att om man gör det svårt för fukt att tränga in, så gör man det ännu svårare för den att tränga ut. Detta faktum har gett upphov till skämtet att en helkapslad utrustning måste ha ett hål i botten för att vatten skall kunna rinna ut. En apparat som skall vara helkapslad och utsättas för stora tempera-

Tab 3. Erforderlig temperaturökning för reducering av 100 % RH till 95 % resp 80 % RH.

Lufttemperatur vid 100 % RH (° C)	Temperaturökning (° C) för att erhålla	
	95 % RH	80 % RH
0	0,8	3,2
20	0,9	3,7
40	1,05	4,2
60	1,1	4,8

turvariationer måste därför förses med lämpligt torkmedel. Som framgår av uppgifterna i tab 3 behövs endast några graders temperatursänkning vid hög relativ fuktighet för att daggpunkten skall passeras. Av tabellen framgår också hur en obetydlig övertemperatur hos en värmealstrande komponent minskar den relativa fuktigheten i komponentens omedelbara närhet.

Sett ur meteorologisk synpunkt är kombinationen mycket hög fuktighet – hög temperatur relativt sällsynt. Endast under kortare tider och på några få orter erhålls 100 % RH¹ vid +40° C i fri luft. I slutna utrymmen, som har hög kondensation och som utsätts för solstrålning, kan dock 100 % fuktighet uppstå vid betydligt högre temperaturer. I mera tempererade klimat är det sällsynt att temperaturen överskrider +20–25° C vid 100 % RH under längre tid. Svåra förhållanden vid lägre temperaturer kan dock uppstå i gruvor, där fuktigheten kan vara nära 100 % vid 5–10° C året om. Detta kan vara en mycket svår miljö för elektroniska utrustningar, speciellt för sådana som har ringa värmeutveckling.

Något allmängiltigt förhållande mellan relativ fuktighet, temperatur, tid och skadeverkningar finns inte. I princip, och för samma provobjekt, är fuktens inverkan proportionell mot tiden gånger det absoluta ångtrycket, men inte ens detta gäller vid mycket låg eller mycket hög relativ fuktighet. Om den relativa fuktigheten är mindre än 60 % behöver man normalt inte ta hänsyn till den. Överskrider den relativa fuktigheten 80 % måste man beakta fuktens inverkan och om den överskrider 90 % kan problemen bli stora.

Mycket låg relativ fuktighet (<20 %) kan vara besvärande för t ex reläkontakter, eftersom risken för kontaktfel ökar. Låg fuktighet medför också att det tar längre tid för friktionsladdningar att läcka bort, vilket gör att spänningsskänliga komponenter kan förstöras av urladdningsströmmar. En människa laddas lätt upp till ett par kilovolt och har en kapacitans på 100–300 pF. Den resulterande energin i storleksordningen 1 millijoule är tillräcklig för att förstöra vissa halvledare, speciellt sådana som är av kisel- och MOS-typ. Lämplig luftfuktning eliminerar helt denna risk.

Någon »patentmedicin» mot hög fuktighet finns inte. Den hittills mest effektiva åtgärden är hermetisk kapsling med torkmedel, men denna metod är dyr och kan leda till problem med värmeavledningen. I övrigt måste man se till att alla ingående

material är tillräckligt fuktsäkra var för sig, och att ytbehandlingen av alla utsatta delar är tillfredsställande. Man måste undvika fuktkänsliga material såsom kläna trådar, i synnerhet i samband med likspänning. Man vinner mycket genom att göra alla krypströmsbanor långa och »besvärliga». Man skall räkna med megohm i stället för gigaohm. Såväl komponenter som utrustningar kan utsättas för ganska påfrestande miljöer under transport, speciellt på fartyg som passerar tropikerna, och under sådana förhållanden bör emballaget vara tätt och försett med torkmedel.

LUFTFÖRORENINGAR

Någon normgivande specifikation för undersökning av komponenters beständighet mot luftföroreningar finns ännu inte. Problemet har dock fått ökad aktualitet under de senaste åren på grund av den allt högre graden av luftföroreningar som orsakas av bl a brännoljor. Hittills felfria delar har börjat visa sig felaktiga. Felen har gällt speciellt delar av mässingskvaliteter med hög zinkhalt och vissa typer av rostfritt stål.

De farliga ämnena i den sk industriella atmosfären utgörs av sulfater, sulfiter, ammoniak och svavelväte. Angreppen från dessa ämnen ökar mycket snabbt med ökande fukthalt och vållar problem speciellt inom pappers- och petrokemiska industrier samt i något mindre omfattning inom järn- och valsverk.

Metaller är värst utsatta. Som nämnts är vissa av dessa olämpliga på grund av spänningsskorrosion och de måste därför bytas ut mot högvärdig mässing, brons eller monel. Andra metaller kan skyddas genom lämplig ytbehandling med något material som dock måste vara av hög kvalitet och fritt från porer. För elektriska kontakter är guld eller guldlegeringar de enda tillförlitliga beläggningssmaterialen.

I vissa industriella miljöer uppstår problem till följd av damm. Damm skadar rörliga delar, lägger sig på isolerande ytor och minskar p g a sin hygrokopiska natur isolationsresistansen. I vissa industrier kan kol- eller järnoxiddamm, som i sig självt är ledande, vålla kortslutningar. Vissa järnoxider är magnetiska och attraheras av magnetiskt flöde.

Utrustningar som har smutsats under drift kan effektivt göras rena i de speciella vätskor, ofta organiska klorföreningar, som är avsedda för detta ändamål. Vätskorna har ingen skadlig inverkan på flertalet komponenter men förstör vissa termoplas- ter, som lätt spricker efter behandling.

VIBRATION OCH CHOCK

Militära utrustningar är särskilt utsatta för vibrationer och chocker. Även utrustningar avsedda för laboratorie- eller hushållsbruk kan utsättas för tämligen kraftiga mekaniska påkänningar under transport och hantering, även om verkningarna i stor utsträckning kan mildras genom lämpligt emballage. Speciellt stor är risken för påkänningar vid transport av relativt lätt last med lastbil eller järnvägsvagn, där lastens vikt inte räcker till för att komprimera fordonets fjädrar.

Med vibration avses svängningsförlopp som varar under relativt lång tid och som i allmänhet har tämligen liten amplitud, medan med chock avses enstaka stötar som har stor amplitud och några millisekunders varaktighet. Med skakningar menas stötar av mindre amplitud som upprepas mer eller mindre regelbundet, och som således är ett mellanting mellan vibration och chock.

Vibration är mest skadlig för lättare komponenter, särskilt för sådana som fästes endast med anslutningstrådar. Vibration kan också vara skadlig för delar i en komponent, såsom fjädrar, kontaktarmar, trådar och interna förbindningslänkar. Det har ofta sagts att den övre gränsen för komponentens vikt vid montering medelst anslutningstrådar bör ligga vid ca 5 g. Om utrustningen kommer att utsättas för mekaniska påkänningar är det dock ur tillförlitlighetssynpunkt fördelaktigt att sänka denna gräns till ca 2 g. Resonansfrekvensen hos komponenter som är monterade medelst anslutningstrådar ligger ofta inom området 300–1 000 Hz. Frekvensen minskar med ökande komponentvikt och ökande trådlängd. Om den mekaniska dämpningen är låg kommer svängningsamplituden hos komponenten vid resonans att vara många gånger större än hos underlaget, och detta leder snabbt till avbrott. I princip ökar risken för avbrott med tilltagande amplitud. Själva avbrottet brukar inträffa antingen intill komponenten, där tråden har utsatts för mekaniska påkänningar och/eller för värmepåkänningar under tillverkning, eller vid lödningsstället.

I regel avtar amplituden hos vibrationer med ökande frekvens. Det är därför fördelaktigt att höja resonansfrekvensen hos de inmonterade komponenterna så mycket som möjligt. Det finns dock vissa gränser som måste sättas med tanke på de skador som kan uppstå på komponenterna om tillledarna är för korta. Vibrationens skadliga inverkan reduceras avsevärt om komponentens rörelsefrihet minskas även i endast en riktning. I regel minskar resonansfre-

¹ RH = relativ fuktighet

Tab 4. Tillförlitlighet hos olika förbindningar. Uppgifterna för lödning och svetsning förutsätter kvalificerad personal. Felintensiteten är angiven exklusive felkvoten och förutsätter därför effektiv avsyning.

Typ av förbindning	Felkvot (%)	Felintensitet per 10 ⁴ h			
		Inomhus	Utomhus	Fartyg	Flyg
Lödtenn-	0,001	0,001	0,004	0,008	0,03
Skruv-	0,005	0,002	0,01	0,01	0,05
Svets-	0,01	0,002	0,05	0,05	0,08
Pressad	0,001	0,02	0,02	—	—
Najad	—	0,000004	—	< 0,002	< 0,01

kvensen när föremålet utsätts för vibration under längre tid, och detta kan vara en indikation på hårdning och begynnande avbrott.

Chocker är oftast mest skadliga för de tyngre komponenterna, såsom transformatorer och större kondensatorer. Chocker kan även orsaka avbrott om »innanmätet» i en komponent inte är tillräckligt väl fastsatt. Komponentens form har stor betydelse för komponentens förmåga att utvärda chocker. Sålunda är en låg komponent med större basarea att föredra framför en hög med liten basarea. Detta är speciellt fallet med kondensatorer av »bultibottenkonstruktion», där det ofta är nödvändigt med extra fastsättningsanordningar.

För att minska inverkan av mekaniska påkänningar kan man fästa komponenten i båda ändarna. Detta bör om möjligt göras på så sätt att en linje mellan fästpunkterna även går igenom komponentens tyngdpunkt. Sådana fastsättningar är betydelsefulla även därför att de höjer resonansfrekvensen så att denna blir 4–6 gånger så hög som när man använder ett enkelt fäste. Ett annat sätt att minska verkningarna av mekaniska påkänningar är att gjuta in komponenterna i någon lämplig plastmassa. Trots att man vinner mycket i mekaniskt hänseende kan den sistnämnda åtgärden dock i vissa fall föranleda sämre tillförlitlighet hos komponenterna, om t ex plastmassan orsakar stora mekaniska påkänningar vid hårdning. Vissa komponenter är mycket känsliga för sådana påfrestningar. Även lösningsmedlen och hårdningsprodukterna kan skada vissa komponenter, om dessa inte är hermetiskt kapslade.

När en utrustning måste kunna tåla svåra mekaniska påfrestningar är den enda lösningen ibland att förse den med lämpliga dämpningsanordningar. Konstruktionen av dessa, liksom deras användning, kräver emellertid stor omsorg. Dämpningsanordningar kan nämligen förvärra situationen vid en frekvens, trots att de förbättrar den vid en annan. Dämparna bör monteras så att de inte fungerar som en fjäder. Icke-metalliska dämpare har god inre dämpning, som emellertid är mycket temperaturberoende. Sådana dämpare skadas vid höga temperaturer och fungerar dåligt vid låga temperaturer.

Utrymmet tillåter inte några beskrivningar av mekaniska konstruktioner som skyddar mot vibrationer och chocker. En viktig grundregel är att vikten skall vara ett minimum för att man skall få bästa möjliga hållfasthet. Rektangulära element

bör ersättas med triangulära. Trots den stora skillnaden i skala kan man ofta förbättra en konstruktion genom att så mycket som möjligt tillämpa de former och principer som används i allmän byggnadsteknik, t ex vid brobygge.

Speciellt viktig är en ordentlig vibrations- och chockprovning av prototypen på ett så tidigt stadium som möjligt, eftersom svagheter i den färdiga konstruktionen sällan kan rättas till utan dyrbara ingripanden. Många konstruktörer skulle troligen bli gråhåriga i förtid om de fick se sina slutgiltiga konstruktioner på ett vibrationsbord under en stroboskoplampa.

LÖDNING

Under de senaste åren har mjuklödningen kommit i skottgluggen när det gäller tillförlitlighet. Det råder inget tvivel om att mycket av den kritik som har riktats mot denna förbindningsmetod har varit motiverad, eftersom många faktorer inverkar menligt. Det ligger i mjuklödningens natur att den kan tillämpas i stor utsträckning, men det detaljerade förfarandet måste varieras från fall till fall. Ett gott resultat erhålls endast om lödtenn, flussmedel, verktyg och material är fullgoda. Vidare måste lödningen utföras av kvalificerad personal och själva konstruktionen vara »lödvanlig». Det sistnämnda innebär först och främst att den som löder skall kunna se lödstället i god belysning och från lämplig riktning komma åt det med lödkolv och lödtenn. Den pålitligaste kontrollen av lödningen utförs av lödaren själv, genom att denne iakttar lödtennets »beteende» till dess det stelnat. På ett senare stadium avsynas lödningen huvudsakligen ytligt. Riskerna för att komponenten »misshandlas» under lödningen är större om lödstället är svåråtkomligt. Det är nödvändigt att lödaren har en god utbildning; det har visat sig att lödningar, utförda av »utexaminerade» lödare har mycket större tillförlitlighet än lödningar, utförda av icke-specialister.

Lödbarheten hos de aktuella materialen måste självfallet vara god. Numera finns internationella normer som möjliggör objektiv mätning av lödbarheten uttryckt i den tid det tar för en lödtennsfär att »fukta» den provade ytan. Lödbarheten är god om denna tid är någon sekund, och förkastlig om tiden överskrider 30 sekunder. Man bör tänka på att lödbarheten hos komponenter eller material som har förvarats i förråd en längre tid kan vara avsevärt nedsatt. Hos vissa metaller kan lödbarheten vara alltför god – i t ex silverbeläggningar på keramik kan silverskiktet lösas upp i vanligt lödtenn. Detta kan för-

hindras genom att man använder ett silverhaltigt lödtenn. Ett annat problem gäller lödning av förgyllda ytor, där guldets stora löslighet i lödtennet resulterar i en mycket spröd förbindning. I sådana fall bör guldsiktet tas bort före lödning.

Lödtennet vid ett lödställe får aldrig utsättas för mekaniska dragkrafter utan bör avlastas genom att tråden bockas på lämpligt sätt. Hållfastheten hos lödtennet försämras p g a utmattnings under längre tids belastning och är endast en tiondel av korttidshållfastheten. Stora mekaniska dragkrafter uppstår när en stumt inlörd tråd svalnar, vilket ofta är anledningen till avbrott hos komponenter.

Tillförlitligheten hos en god lödning är i regel tämligen oberoende av omgivningstemperatur och miljö. Detta gäller dock endast de vanliga förekommande lödtennskvaliteterna och materialen. Speciella legeringar för svärlödda material har däremot dålig motståndskraft mot korrosion och avbrott.

I regel stämmer det resultat man får vid accelererade provningar av alla slags förbindningar dåligt överens med de resultat som uppnås i praktisk drift. Man måste därför utvärdera på vilken grund tillförlitlighetsuppgifterna baseras. Två olika tillförlitlighetsuppgifter förekommer: dels felkvoten (antal fel per antal utförda lödningar), dels felkvoten per enhetstid (felintensiteten). Felkvoten avser sådana fel som upptäcks inom relativt kort tid efter färdigställandet.

När en kvalificerad lödare löder exakt samma typ av förbindning många gånger i en följd erhålls i genomsnitt en felkvot som är mindre än en per 80 000 lödningar. När samme lödare skall löda olika typer av förbindningar i följd blir felkvoten tiofaldigt större eller mer. Detta beror oftast på att villkoren för fullkomlig lödning inte uppfylls när samme man med samma verktyg löder olika typer av förbindningar. Om lödställena är svåråtkomliga och dåligt belysta kan felkvoten ytterligare tiofaldigas. Det är nödvändigt att anpassa villkoren efter de aktuella omständigheterna även för andra förbindningsmetoder, såsom svetsning och urladdningssvetsning (percussion welding), där ett mycket opålitligt resultat erhålls om samma förfarande tillämpas på olika material och tråddiametrar.

Det är för att eliminera de ovan nämnda riskerna som najningsmetoder (wire-wrap) och pressning (crimping) har utvecklats. Tillförlitligheten hos förbindningar som utförts med najning är mycket hög, utom eventuellt i svåra korrosiva miljöer. □

Fasta motstånd

□ □ Kännetecknande för alla fasta motstånd är att deras pris och storlek är oberoende av själva resistansvärdet över ett mycket brett område. Detta ger större möjligheter att välja ett visst resistansvärde vid konstruktionen, men samtidigt kan det vara förrädisk på grund av att tillförlitligheten sällan är konstant över hela resistansområdet.

De olika fasta motstånden har traditionellt fått sina benämningar efter konstruktionsprincipen utan hänsyn till de elektriska egenskaperna. Under senare år har emellertid International Electrotechnical Commission (IEC) delat upp fasta motstånd i »trådlindade» och »icke-trådlindade» och dessutom delat in varje grupp i »typ 1» och »typ 2». Denna indelning har gjorts på basis av motståndens prestanda enligt de relevanta normgivande specifikationerna.

Trådlindade motstånd är som namnet antyder lindade med tråd, men till denna

grupp hör även motstånd som är lindade med band eller annan profil. En allmän översikt av dessa motstånd ges i tab 2. Icke-trådlindade motstånd omfattar alla övriga typer av linjära motstånd, dvs sådana som följer Ohms lag, se tab 1. I båda grupperna har klassindelningen samma syfte. Typ 1 är sålunda avsedd för precisionsändamål och där är resistansstabiliteten särskilt viktig, medan typ 2 har lägre stabilitet och tonvikten ofta lagd på effektutveckling.

TILLFÖRLITLIGHETSDATA

De specifika data som här kommer att presenteras för fasta motstånd, gäller i princip de typer som allmänt används, således inte specialvarianter.

I tab 3 och 4 visas vilken stor spridning i grundfelsintensiteten som förekommer mellan olika fabrikat. Högre felintensiteter än de angivna kan förekomma. De angivna siffrorna för felintensiteten har er-

hållits genom att man definierat felen som katastroffel. Definitionen har därvid tolkats så att en höjning av resistansvärdet med tio gånger eller mer – jämfört med det ursprungliga värdet – betyder avbrott och att en minskning av resistansvärdet till en tiondel eller mindre betyder kortslutning. Samma definition gäller även felmodsfördelningen. Har man tillgång till felintensitetssiffror med en bättre preciserad feldefinition bör dessa siffror användas.

I tab 3 och 4 har Minuteman riktvärden medtagits som jämförelsevärden. Dessa värden gäller emellertid vid 40°C och 20 % belastning och kan därför inte alltid direkt jämföras med värdena på grundfelsintensiteten, som gäller vid 20°C och 100 % belastning.

När man skall beräkna felintensiteten i ett givet fall utgår man från grundfelsintensiteten, som multipliceras med faktorerna för definition av fel (K_F), totaltemperatur (K_T) och resistansvärde (K_R).

Tab 1. Fasta icke-trådlindade motstånd – allmän översikt

Benämning	IEC typ	Konstruktion	Resistansområde	Effektområde (W)	Toleransområde (%)	Temperaturområde (°C)	Max tillåten spänning (V)	Stabilitet (%)
Massamotstånd ..	2	»icke homogen» kol	2 ohm—25 Mohm	0,1—5	±5, 10, 20	—40/+107	150—750	±25 < ±25
Kolskiktmotstånd .	2	»homogen» kol	2 ohm—22 Mohm	0,1—2	±5, 10, 20	—55/+150	150—750	±10 < ±10
	2	grafitskikt	10 ohm—22 Mohm	0,25—2	±5, 10, 20	—55/+125	250—500	±10 < ±10
	1	pyrolytisk kol	10 ohm— 1 Mohm	0,05—2	±0,3—5	—55/+150	250—1 000	± 1 < ± 1
	2	» »	1 ohm—30 Mohm	0,05—4	±2—10	—55/+125	250—1 500	± 3 < ± 3
	1	do hermet kapslad	10 ohm— 1 Mohm	0,2—2,5	±0,5—5	—55/+150	250—1 000	± 1 < ± 1
Metallfilmmotstånd	1	Ni-Cr eller ädelmetallfilm	1 ohm— 2 Mohm	0,1—2	±0,1—5	—65/+175	150—1 000	± 1 < ± 1
Metalloxidfilmmotstånd	1	tennoxidskikt	10 ohm—0,5 Mohm	0,25—2	±0,5—10	—65/+150	250— 750	± 2 < ± 2
	2	»	1 ohm— 5 Mohm	0,5—20	±5—20	—55/+250	250—2 000	±10 < ±10
Metallglasrymmotstånd	(1) ¹	ädelmetall/glasrymskikt	10 ohm— 5 Mohm	0,1—1	±2—20	—65/+150	150— 500	± 2 < ± 2

¹ Uppgift osäker eller ej formellt fastställd

Anm. I vissa massa- och kolskiktmotstånd används tråd eller metallfilm för att låga värden (<10 ohm) skall erhållas. Många kolskiktmotstånd av höga (>10 Mohm) värden är av spiraliserad »grafitskikt-konstruktion».

Tab 2. Fasta trådlindade motstånd – allmän översikt

Benämning	IEC typ	Konstruktion	Resistansområde	Effektområde (W)	Toleransområde (%)	Temperaturområde (°C)	Max tillåten spänning (V)	Tempkoeff (10–6/°C)	Stabilitet (%)
Precisionsmotstånd....	1	sektioner	10 ohm–6 Mohm	0,1–1,5	±0,01–1	–55/+145	150–1 000	±2–±10	< ±0,1
	1	lager	0,1 ohm–1 Mohm	0,1–1	±0,01–5	–55/+145	150–1 000	±3–±20	< ±0,5
Effektmotstånd	2	plast	1 ohm–250 kohm	0,5–50	±0,02–1	–65/+275	100–1 000	±20	< ±1
	2	cement	0,1 ohm–100 kohm	1–100	±1–20	–40/+250	250–1 000	±50	< ±1
	2	emalj	0,1 ohm–250 kohm	2–500	±1–20	–55/+350	500–3 000	–50/+100	< ±2
Inställbara motstånd....	2	emalj	0,5 ohm–100 kohm	10–300	±5–20	–55/+275	350–2 000	–50/+100	< ±2

Totaltemperaturen är summan av omgivningstemperaturen och motståndets egen övertemperatur.

Vid bestämning av konstruktionsmarginal måste resistansändringar som beror på temperatur- och/eller spänningskoefficienten, se *tab 5*, samt motståndets tolerans läggas till motsvarande definition av fel. Faktorerna utgör medelvärden av de felintensitetsiffror man fått vid många provningar på många fabrikat. Därför blir noggrannheten mindre ju större faktorn blir.

Av stort intresse för konstruktörer är fuktens inverkan på komponenter, se *tab 6*. Mycket litet har publicerats om detta av den enkla anledningen att några fasta regler för att fastställa fuktens inverkan inte existerar. Den information som här ges får betraktas endast som en indikation av den väntade ökningen i felintensiteten. Dessutom gäller informationen endast för icke-belastade motstånd, eftersom endast några graders övertemperatur räcker för att den lokala relativa fuktigheten skall sänkas betydligt. För motstånd som verkligen är hermetiskt kapslade innebär fukt ingen fara. Som grov tumregel gäller emellertid att man bör fördubbla grundfelsintensiteten med hänsyn till de enstaka individer (»monster») för vilka kapslingen är bristfällig.

FASTA ICKE-TRÅDLINDEDE MOTSTÅND

Under denna rubrik görs inget försök att

skilja på motstånd av typ 1 och 2. Dessa behandlas snarare för sig, ungefär i den ordningsföljd vari de kommit till utbredd användning. Avsikten med detta avsnitt är inte heller att ge en fullständig beskrivning av framställningssättet utan endast att förtydliga benämningarna samt indikera felkällor.

Massamotstånd

Massamotstånd är genomgående av typ 2, dvs de har relativt dålig resistansstabilitet och mycket högt egenbrus. De är däremot billiga och har inte benägenhet för katastroffel.

Sett från konstruktionssynpunkt måste man skilja mellan tre olika typer som finns på marknaden. Den äldsta typen har som resistanskropp en icke homogen blandning av kol och kvarts som binds ihop av ett lämpligt bindemedel. Denna typ har vissa av massamotståndens sämre egenskaper, men tillhör å andra sidan de billigaste.

En bättre variant är de homogena kolmotstånd. Hur dessa motstånd tillverkas är fortfarande en hemlighet, trots att de funnits i 25 år. De har bättre elektriska egenskaper än den ovannämnda typen men uppfyller långt ifrån de krav som ställs på motstånd av typ 1.

En annan typ av massamotstånd har som motståndskropp ett glaströr, som är belagt med en film av grafit och bindemedel. Dessa motstånd har relativt god resistansstabilitet, men även en del nackdelar. De

har bl a lägre spänningshållfasthet än övriga massamotstånd och under vissa förhållanden kan fukt förorsaka kortslutningar eller avbrott.

Dessa motståndstyper är isolerade på olika sätt. De är vanligen inpressade i fenolgjutmassa. Ett förfarande – som är förkastligt om man vill uppnå hög tillförlitlighet men som dock har tillämpats av vissa tillverkare av massamotstånd – är att justera resistansvärdet genom att »baka om» de färdiga motstånden. På detta sätt kan man tillfälligt öka resistansvärdet till det dubbla. Resistansen tenderar emellertid att återgå till den ursprungliga. Ankomstkontroll är ett värdefullt vapen, när det gäller att avslöja detta.

Kolskikt-motstånd

Motstånd av kolskikttyp har varit de vanligaste i Europa under många decennier. Kolskikt-motståndet består av en keramikstav, som belagts med ett tunt skikt av rent kol genom krackning av kolväte vid en temperatur av något under 1 000°C.

När krackningen är rätt utförd erhåller man ett mycket hårt och fast sittande skikt. Skiktet kan emellertid inte göras tunnare än vad som motsvarar ca 30 kohm på ett 1 W-motstånd. Görs det tunnare upphör det att vara en ohmsk ledare. Ännu högre resistansvärde erhålls genom att en spiral skärs genom kolskiktet med ett diamant-

hjul. På detta sätt kan resistansvärdet ökas 1 000–10 000 ggr.

Ytskikt-motstånd kännetecknas av att de har betydligt bättre elektrisk stabilitet än massamotstånd. De har dessutom mycket lägre egenbrus. Många fabriker klarar fordringarna för IEC-typ 1. De har dock genomgående den stora nackdelen, att fel ofta tar form av avbrott och denna tendens ökar med ökande relativ fuktighet utan egen uppvärmning. Skillnaden mellan typ 1 och 2 är att typ 1 undergår bättre kvalitetskontroll och har betydligt lägre maximiresistans och lägre tillåten belastning trots att den har samma dimensioner som typ 2.

Tillsats av bor minskar risken för avbrott men orsakar i stället andra svårigheter. Därför blev bor/kolmotståndet inte den succé man väntade. Bästa sättet att gardera sig mot avbrott hos kolskikt-motstånd är att använda sådana som är hermetiskt kapslade. Detta blir emellertid betydligt dyrare. Vissa – dock inte alla – kolskikt-motstånd fungerar som en säkring vid kraftig överbelastning.

Avbrott beror på fel i kolskiktet orsakade av ändringar i oxidering eller av sprickbildning. Begynnande sprickbildning, som beror på felaktigheter i underlaget eller på illa utförd »spiralisering», kan ofta avslöjas genom »klirmätning». Risk för av-

brott genom oxidering kan ibland avslöjas genom att man mäter resistansvärdet sedan motståndet lagrats en tid i rumstemperatur. »Farliga individer» ger sig därvid till känna genom att de uppvisar en resistansökning av 1 % eller mera.

Metallfilmmotstånd

Metallfilmmotstånd tillverkas huvudsakligen genom att en ädelmetall eller krom-nickellegering förångas på en glas- eller keramik-kropp under vakuum. Det skikt man därvid erhåller har mycket goda elektriska egenskaper, framför allt har det hög stabilitet och lågt brus. Man kan även erhålla mycket låga temperaturkoefficienter ($\pm 25 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). Den maximala resistansen är begränsad i ännu högre grad än hos kolskikt-motstånd. »Spiralisering» används för att högre värden skall erhållas.

Metallfilmer, framställda genom förångning, kan ha en sammansättning som avviker från den hos den ursprungliga legeringen. När detta förekommer leder det till stora resistansändringar i drift.

Metallfilmmotstånd – speciellt sådana med höga resistansvärden – är utsatta för mikrokorrosion i fuktig omgivning. För att de skall erhålla hög tillförlitlighet bör de därför vara hermetiskt kapslade. Detta innebär att priset blir högt, men det är fort-

farande lägre än för trådlindade precisions-motstånd.

Metalloxidmotstånd

Metalloxidmotstånd är i princip lika kolskikt-motstånd, men i vissa fall är underlaget en glasstav i stället för en keramik-stav. Resistansskiktet består av tennoxid – ofta med ett underliggande skikt av antimonoxid, som har bättre vidhäftning mot underlaget. En stor nackdel med denna typ är att temperaturkoefficienten är kraftigt beroende av skiktets tjocklek. Eftersom temperaturkoefficienten visar en nollgenomgång vid en viss skikt-tjocklek, måste man använda denna tjocklek för att få en låg temperaturkoefficient. Detta medför att resistansområdet blir ganska begränsat.

Bortsett från temperaturkoefficienten ligger metalloxidmotståndens egenskaper mitt emellan kolskikt- och metallfilmmotståndens. Metalloxidmotstånd kan användas vid högre temperaturer. I sådana fall brukar man lätta på kravet på temperaturkoefficienten och därigenom erhålla ett motstånd av typ 2 med tämligen stort resistansområde och relativt hög arbetstemperatur.

Metallglasymotstånd

Metallglasymotstånd (metal-glaze) har utvecklats under de senaste åren. De kallas

Tab 3. Tillförlitlighetsdata för fasta icke-trådlindade motstånd

Benämning	IEC typ	Felmodsfördelning (%)						Grundfelintensitet $\bar{z}/10^4\text{h}$	
		vid belastn		vid fukt		vid låg temp		vid 20° C P = 100 %	Minuteman riktvärde
		kortsl	avbr	kortsl	avbr	kortsl	avbr		
Massamotstånd									
»icke homogen»	2	90	10	10	90	10	90	0,005–0,05	—
»homogen»	2	95	5	10	90	30	70	0,0005–0,03	0,001
grafitskikt	2	90	10	20	80	5	95	0,001–0,05	0,001
Kolskikt-motstånd									
pyrolytisk	1	5	95	5	95	10	90	0,006–0,2	0,01
»	2	1	99	5	95	10	90	0,03–5	0,01
herm kapslad	1	30	70	30	70	20	80	0,002–2	0,01
Metallfilmmotstånd	1	10	90	5	95	40	60	0,0001–0,02	(0,004) ¹
Metalloxidmotstånd	1	10	90	5	95	30	70	0,001–1	—
	2	10	90	10	90	30	70	0,01–0,5	—
Metallglasymotstånd	(1)	(5)	(95)	(5)	(95)	(5)	(95)	0,01–0,3	—

¹ Siffror inom parentes anger att uppgiften är osäker eller ej formellt fastställd

Anm. Vid överbelastning av massamotstånd är felmoden beroende på kretsen. I regel ger en konstant spänningskrets tendens till kortslutning medan en konstant strömkrets ger tendens till avbrott.

Tab 4. Tillförlitlighetsdata för fasta trådlindade motstånd

Benämning	IEC typ	Felmodsfördelning (%)						Grundfelintensitet $\bar{z}/10^6h$	
		vid belastn		vid fukt		vid låg temp		vid 20° C P=100 %	Minuteman riktvärde
		kortsl	avbrott	kortsl	avbrott	kortsl	avbrott		
Precisionsmotstånd									
sektion	1	20	80	10	90	10	90	0,03—1	0,008
lager	1	40	60	30	70	20	80	0,05—5	—
Effektmotstånd									
plast	2	5	95	10	90	5	95	0,01—0,05	—
cement	2	5	95	20	80	5	95	0,02—0,5	—
emalj	2	1	99	10	90	1	99	0,01—0,1	0,01
Inställbara motstånd	—	5	95	30	70	20	80	2—10	—

även cermet- eller tjockfilmmotstånd. Resistansgruppen består av små ädelmetallpartiklar (ofta palladium + silver) i en lämplig glasyr, som bränns fast på en stav eller skiva vid 700–1100°C beroende på materialet. I princip är skiktets tjocklek konstant, medan olika resistansvärden erhålls genom att materialets sammansättning och geometri ändras. Liksom hos metalloxidmotstånd visar temperaturkoefficienten en nollgenomgång vid en viss skikt-tjocklek, men här ligger den vid ett betydligt högre resistansvärde. Materialet i underlaget har en viss inverkan på den resulterande temperaturkoefficienten och den allmänna resistansstabiliteten. Det bästa materialet verkar vara en ren aluminium-oxid.

Anslutningar löds ofta till ett påbränt silveruttag. Resistansvärdet kan höjas genom spiralisering, kantslipning eller »mikroslusbågs-behandling».

Det finns än så länge få tillförlitlighetsdata för dessa motstånd, men de data som finns ligger närmast dem för metalloxid, typ 1. Metallglasymotståndet bör kunna bli en värdefull komponent i framtiden om problemen med temperaturkoefficient och resistansnoggrannhet (utan manuell justering) kan lösas.

FASTA TRÅDLINDADE MOTSTÅND

Fasta trådlindade motstånd erbjuder en betydligt bättre stabilitet än icke-trådlindade, men detta på bekostnad av pris, reaktans, storlek och tillförlitlighet.

I avseende på många parametrar, såsom brus, temperaturkoefficient och spänningsberoende, närmar sig data för trådlindade motstånd de teoretiska gränserna. Bruset ligger under $0,1\mu V/V$ och spänningsberoendet är mindre än $1 \cdot 10^{-6}$. Å andra sidan är trådlindade motstånd ofta oanvändbara vid högre frekvenser.

I samband med noggranna resistansangivelser bör man komma ihåg, att »absoluta ohm» numera används som enhet i stället för som tidigare »internationalohm» ($1 \text{ abs ohm} = 0,99951 \text{ int ohm}$).

Vid höga resistansvärden och fina toleranser kan inverkan av den yttre isolationsresistansen (vare sig den är över motståndskroppen eller mellan t ex tryckta ledningar) bli av betydelse. Fukt och smuts, och speciellt en kombination av båda, kan lätt orsaka att ett 1 Mohm-motstånd skenbart kommer att ligga utanför toleransen 0,01 %, i svårare fall utanför 0,1 %.

Precisionsmotstånd

Två principiellt olika typer av precisionsmotstånd finns. Hos den från stabilitetssynpunkt bättre typen är lindningen uppdelad i ett antal sektioner (vanligen 4–10).

Hos den andra typen är motståndstråden lindad på ett ofta godtyckligt sätt, vilket ökar risken för kortslutning mellan varven. Hos »sektion-typen» är högsta spänningen mellan varven automatiskt begränsad. Ibland är tråden inte isolerad (utom genom det tunna oxidskiktet på ytan), varför det är speciellt viktigt att en

betydande spänningsdifferens inte förekommer mellan två varv som ligger i fysisk kontakt med varandra.

Motståndstråden är mycket känslig för mekaniska påkänningar. Vid lindningen bör trådspänningen vara den minsta möjliga, men det är ändå nödvändigt att konstlindra det färdiga motståndet om man vill ernå en hög stabilitet. Motstånden åldras vid en temperatur av 170–200°C under något dygn. Det är mycket viktigt att trådtemperaturen inte närmar sig åldringstemperaturen efter åldringen. Genom att öka åldringstemperaturen och tiden kan man »justera» resistansvärdet, men detta förfarande är förkastligt ur flera synpunkter.

Trådens »töjningskänslighet» gör att resistansändringar förekommer om bobinens eller kapslingens dimensioner förändras. Dessa förändringar beror ofta på utvidgningar till följd av värme, men när det gäller plastingjutningar kan de bero på fortsatt härdning osv. Förändringar hos plastingjutningar kan leda till avbrott. Av denna anledning är temperaturcykling en bättre åldringsmetod när man fordrar hög stabilitet och hög tillförlitlighet. Eftersom gapet vid ett avbrott är mycket litet bör resistansen mätas vid låga spänningar ($< 0,1 V$) om avbrottet skall kunna avslöjas.

Om motståndet inte kommer att utsättas för vibrationer erhålls den högsta stabiliteten när tråden sitter lös och inte kläms på

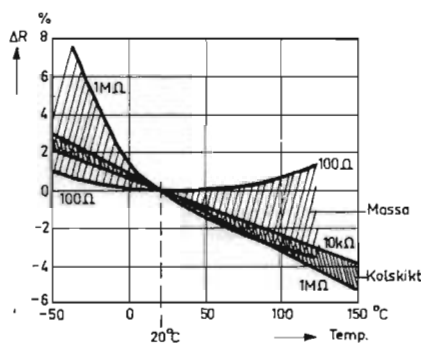


Fig 1. Resistansändring ΔR i procent som funktion av temperaturen för icke-metalliska motstånd.

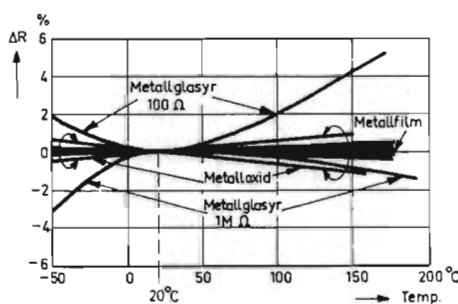


Fig 2. Resistansändring ΔR i procent som funktion av temperaturen för metalliska motstånd.

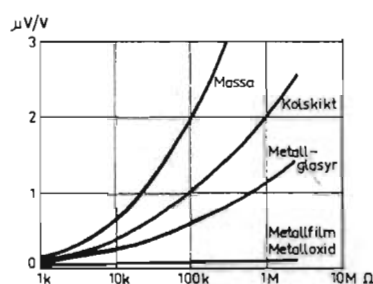


Fig 3. Egenbrus i $\mu V/V$ som funktion av resistansen.

Tab 5. Spänningskoefficient för olika motståndstyper

Benämning	Spänningskoefficient $\times 10^{-6}/V$
Massamotstånd	
icke-hom	—100
övriga	—50
Kolskiktmotstånd	—20
Metallfilmmotstånd ..	<—10
Metalloxidmotstånd ..	—10
Metallglasyrmotstånd	—50

något sätt. Det färdiga motståndet måste kapslas för att skyddas mot fukt, som är mycket skadlig för tunna trådar, speciellt vid likströmsdrift.

En akilleshäla hos alla precisionsmotstånd är förbindningen mellan tråd och uttag. Lödning är den bästa metoden. Många legeringar är emellertid svårödda. (Trots detta mjuklöds några fabrikat; tråden hålls fast i en tunnel i lödtennet!) Svetsning är mindre lämplig men är ibland den enda möjliga lösningen. Det är ofta svårt att svetsa ihop de material som är lämpliga för tråd och uttag, varför en mellanlänk av t ex ren nickel används. En skarv i själva resistanslindningen är oförenlig med hög tillförlitlighet.

Vid snäva toleranser föreskriver tillverkaren i regel en avsevärd minskning av tillåten effekt, t ex för $\pm 0,01\%$ endast 15% av effekten vid $\pm 1\%$.

Effektmotstånd

Den äldsta typen av effektmotstånd som fortfarande används är den emaljerade. Den har sitt ursprung i porslins-tekniken och omges fortfarande med hantverks-skicklighet och yrkeshemligheter. Det finns tillverkare som vid framställning av de högsta kvaliteterna använder en ugn av traditionell typ, som används för porslins-

bränning. Man strör emaljpulvret på motstånden för hand innan de sätts i ugnen. Förfarandet upprepas 6–8 gånger med finare pulver tills ytan anses tillfredsställande.

Även om mera maskinell hjälp används är kvaliteten och därigenom tillförlitligheten beroende av att rätt råmaterial väljs och av tillverkningens »know-how». Utvidgningskoefficienten hos keramik-kroppen, emaljen och tråden måste stämma överens över ett mycket stort temperaturområde. Emaljen får inte initiera spaltkorrosion hos tråden. Detta är nämligen en av de vanligaste orsakerna till avbrott – speciellt vid likströmsdrift när fukthalten är hög. Emalj är en god isolator vid normala temperaturer men också en relativt god ledare vid mycket höga temperaturer.

Felintensiteten ökar med ökande ytemperatur och minskande tråddiameter. Uppgifterna om maximal effekt för givna dimensioner varierar mycket för olika fabrikat, beroende dels på kvaliteten, dels på vilken livslängd som avses. Som jämförelse bör användas den effekt som ger en övertemperatur på 330°C . Detta gäller dock inte för de allra minsta typerna. Tråddiametrar under $0,1\text{ mm}$ ger upphov till raskt ökande felintensiteter.

Hög kvalitet hos uttagen är av stor vikt. Samma anmärkningar som gjordes i fråga

om precisionsmotstånd gäller även för effektmotstånd. Det har förekommit att avbrott som uppstått under tillverkning har »reparerats» genom att man urladdat en kondensator genom motståndet. Ljusbågen vid avbrottsstället svetsar ihop brottytorna, men skarven är ytterst opålitlig.

Cementerade motstånd är huvudsakligen avsedda för drift i en mindre påfrestande miljö. Konstruktionen är i princip densamma som för de emaljerade typerna. Temperaturområdet är mera begränsat än för de emaljerade typerna och motståndskraften mot fukt är mindre god. Cementens vidhäftningsförmåga är ofta otillfredsställande vid temperaturväxlingar och vidare angrips tråden av cementen när denna är fuktig. Vissa fabrikat använder en cement av »frit-typ», som är ett mellanling mellan cement och emalj.

Plastbehandlade, trådlindade motstånd är resultatet av ett försök att komma från de tekniska och ekonomiska svårigheter som emaljeringen orsakar. Plasten är nästan alltid av silikontyp. Sådan plast har de egenskaper som fordras för att tråden skall skyddas. En allvarlig fara utgör dock vissa kiselföreningar som inte är kemiskt bundna utan kan vandra inom en utrustning och belägga elektriska kontaktytor med en isolerande hinna.

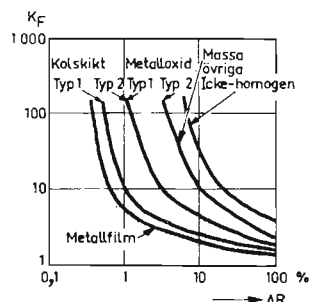


Fig 4. Multiplikationsfaktorn K_F som funktion av definition av fel ΔR .

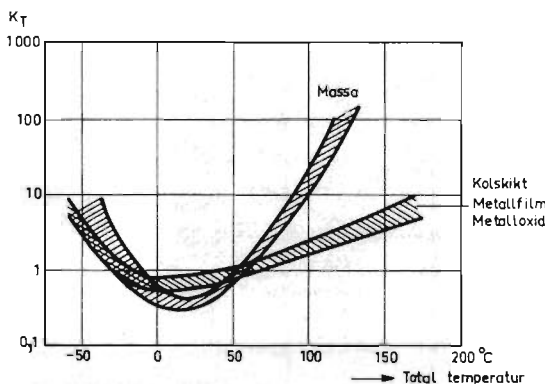


Fig 5. Multiplikationsfaktorn K_T som funktion av totala temperaturen (omgivningstemperatur + egen övertemperatur).

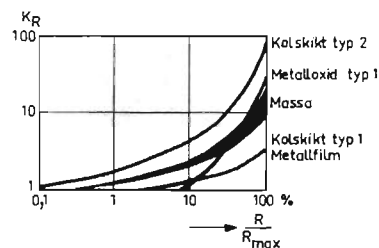


Fig 6. Multiplikationsfaktorn K_R som funktion av normaliserad resistans $R/R_{\max}$.

Tab 6. Approximativa multiplikationsfaktorer vid kontinuerlig fukt. Icke-trådlindade motstånd

Relativa fuktig- heten i % vid 40° C	R/R _{max} (%)	Massa		Kolskikt och metalloxid			
				typ 1		typ 2	
		10	100	10	100	10	100
60		1	1	1	1	1	1
80		2	3	2	3	2	5
90		5	20	5	10	10	100
95		10	100	10	50	100	1 000
98		100	1 000	20	100	—	—

Tab 7. Approximativa multiplikationsfaktorer vid kontinuerlig fukt. Trådlindade motstånd

Relativa fuktig- heten i % vid 40° C	R/R _{max} (%)	Precision		Emalj		Cementerade och inställbara	
		10	100	10	100	10	100
60		1	1	1	1	1	1
80		2	3	2	5	5	10
90		3	10	5	20	20	50
95		5	50	10	100	50	200
98		10	100	20	200	300	1 000

Inställbara motstånd

Formellt hör inställbara motstånd inte till fasta motstånd, men eftersom de är nära besläktade med effektmotstånd är det lämpligt att behandla dem i detta sammanhang.

Önskat motståndsvärde ställs in med en rörlig klämma, som kan flyttas längs motståndskroppen. En nit på klämman ger kontakt med tråddarven längs en spalt som är fri från emalj. Tack vare det höga kontakttrycket som kan erhållas med klämman är kontakten med tråden god, men det är också den enda fördelen med denna motståndstyp.

Det är mycket lätt att såväl mekaniskt som kemiskt skada den oskyddade tråden. Vid justering är klämman oftast varm och spänningsförande, och om man använder t ex en skruvmejsel för att flytta på klämman kan skruvmejseln slinta och lätt skada tråden. Tråden kan också skadas av den ljusbåge som uppstår när den strömförande klämman under förflyttning förlorar kontakt med tråden.

Om inställbara motstånd måste användas bör tråddiametern inte underskrida 0,2 mm. Detta motsvarar ett resistansvärde som är endast ca 1 % av det högsta värdet hos de motstånd som nu tillverkas.

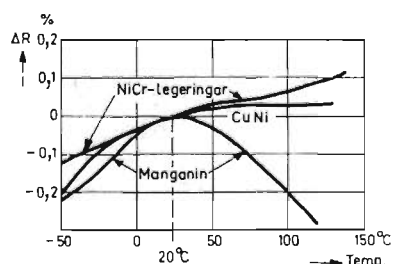


Fig 7. Resistansändring ΔR som funktion av temperaturen för vissa motståndslegeringar.

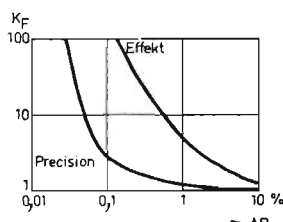


Fig 8. Multiplikationsfaktorn K_F som funktion av definition av fel ΔR .

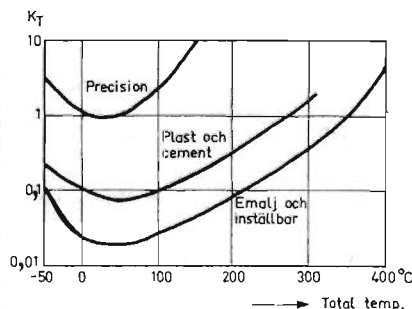


Fig 9. Multiplikationsfaktorn K_T som funktion av totala temperaturen (omgivningstemperatur + egen övertemperatur).

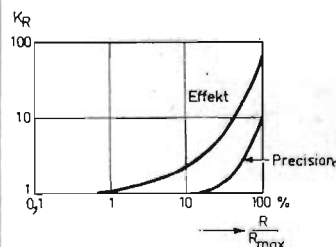


Fig 10. Multiplikationsfaktorn K_R som funktion av normaliserad resistans R/R_{max} .

Varierbara motstånd

Enligt International Electrotechnical Commission (IEC) uppdelas varierbara motstånd – liksom fasta motstånd – efter konstruktionen i trådlindade och icke-trådlindade typer samt i typ 1 och 2. Typ 1 betecknar huvudsakligen precisionsmotstånd och typ 2 omfattar effektmotstånd. Hos varierbara motstånd läggs tonvikten på förhållandet mellan spänningen från den rörliga kontakten och spänningen över hela motståndet. Varierbara motstånd kallas därför ofta potentiometrar.

Upplösningsförmågan $\frac{\Delta R}{R}$ dvs den minsta resistansändring som kan åstadkommas, är en viktig storhet. De trådlindade motstånden har lägre upplösningsförmåga än de icke-trådlindade, eftersom upplösningsförmågan är lägre hos de diskreta trådvarven än hos den kontinuerliga resistansbeläggningen i de icke-trådlindade motstånden.

Kontaktresistansen mellan den rörliga kontakten och resistansbanan kan vålla mycket stora problem. Ur tillförlitlighetssynpunkt är det därför nödvändigt att ta hänsyn dels till fel som kan uppstå hos

resistansbanan betraktad som ett fast motstånd, dels till fel hos den rörliga kontakten, vilket kan yttra sig som brus, ökad kontaktresistans eller t o m avbrott. Någon korrelation mellan dessa två fel finns normalt inte. Nästan alla hittills publicerade tillförlitlighetsdata gäller den förra typen av fel.

Utmärkande för dessa komponenter är att de har mekaniska detaljer som direkt påverkar tillförlitligheten. Den »mekaniska livslängden» är i många fall lika viktig som den elektriska. Drivaxelns lager kan t ex vålla en del besvär under vissa förhållanden. Om lagret skadas av damm och korrosion, vilket ofta händer, kan drivaxeln fastna i lagret. Den kan även frysa fast vid låga temperaturer om den smörjts med olämpligt fett, eller fastna om utvidgningskoefficienterna i lager och drivaxel inte är anpassade till varandra.

Nästan alla typer av varierbara motstånd, utom de för högre effekter, tillverkas även i en hermetiskt kapslad variant med tätningsringar på den rörliga axeln. Dessa hermetiskt kapslade potentiometrar bör användas i miljöer med långvarig och

hög fuktighet. Okapslade typer förstörs nämligen lätt av fukt.

En nackdel med varierbara motstånd är deras relativt stora interna luftvolym, som underlättar sk pumpning hos icke-hermetiskt kapslade typer vid stora temperaturväxlingar.

Antalet typer av varierbara motstånd är mycket stort, varför endast de vanligaste kan behandlas här. Många typer har utvecklats för speciella ändamål och kan därför inte utan vidare tillämpas i andra sammanhang. Man måste i så fall känna till de villkor som måste uppfyllas för att man skall erhålla pålitlig funktion. Tillverkaren bör därför kontaktas i tveksamma fall.

ICKE-TRÅDLINDADE VARIERBARA MOTSTÅND

I den traditionella typen av icke-trådlindade varierbara motstånd består resistansbanan av ett plastmaterial (ofta pappersbakelit) som är belagt med kol/bindemedelsblandning. Blandningen är av samma typ som den som används för vissa masmotstånd.

Tab 8. Varierbara motstånd – allmän översikt

Benämning	IEC typ	Konstruktion	Resistansområde	Effektområde (W)	Toleransområde (%)	Temperaturområde (°C)	Stabilitet (%)	Mek livslängd 10 ⁶ cykler	Linjäritet (%)
Massamotstånd, sprutade	2	grafitskikt	10 ohm–5 Mohm	0,1–2	±20	–40/+85	±30	0,025	—
Massamotstånd, gjutna	2	massiv kol	100 ohm–5 Mohm	0,25–2	±10–20	–55/+125	±10	0,05	—
Plastmotstånd ...	1	ledande plast	100 ohm–0,1 Mohm	0,5–3	±5–10	–65/+125	±2	10	±0,5
Cermet-motstånd.	1	metall/glasyr	100 ohm–2 Mohm	1–10	±1–5	–65/+200	±1	5	±0,2
Metallfilmmotstånd	1	ädelmetallfilm	100 ohm–0,1 Mohm	0,5–2	±0,5–5	–65/+125	±1	0,1	±0,1
Trådl motstånd, små	2	plaststomme	1 ohm–0,5 Mohm	0,5–5	±2–10	–65/+125	±2	0,1	ca ±2
Trådl motstånd, trimtyp	2	skruvmatning	10 ohm–0,1 Mohm	0,2–3	±5–10	–65/+125	±2	0,0005	ca ±1
Trådl motstånd, större	2	keramikstomme	0,1 ohm–0,5 Mohm	1–300	±5–10	–55/+330	±1	0,1–0,5	ca ±1
Precisionsmotstånd, trådl	1	ett e flera varv	10 ohm–5 Mohm	1–10	±1–5	–65/+125	±0,5	1–10	±0,2

Tab 9. Tillförlitlighetsdata för varierbara motstånd

Benämning	IEC- typ	Typisk rest- resistans (%)	Fördelning (%) vid felmod »avbrott»				Grundfelintensitet $\bar{\gamma}/10^4$ h vid 20° C, P=100 %	
			Kontakt under rörelse		Stillastående kontakt		Resistans- bana $\bar{z}_B$	Kontakt $\bar{z}_K$
			Resistans- bana	Kontakt	Resistans- bana	Kontakt		
Massamotstånd, sprutade	2	3	0	100	60	40	0,1—4	5—100
Massamotstånd, gjutna .	2	5	20	80	50	50	0,02—0,3	1—10
Plastmotstånd	1	2	50	50	40	60	0,01—0,5	0,5—10
Cermet-motstånd	1	0,5	65	35	50	50	0,02—0,3	0,1—10
Metallfilmmotstånd	1	(0) ¹	(5)	(95)	(50)	(50)	—	—
Trådl motstånd, små....	2	0,1	90	10	40	60	0,2—2,5	0,05—1,5
Trådl motstånd, trimtyp	2	2	—	—	30	70	0,3—10	0,2—20
Trådl motstånd, större	2	0,5	60	40	80	20	0,07—2	0,05—0,7
Precisionsmotstånd, trådl	1	(0)	80	20	50	50	0,02—0,8	0,03—0,5

¹ Värden inom parentes anger att uppgiften är osäker eller ej formellt fastställd

Varierbara motstånd framställda på detta sätt är billiga och kan täcka stora resistansområden. Resistansändringens funktion av vridningsvinkeln kan även lätt ändras genom att man varierar sammansättningen hos kolbeläggningen längs resistansbanan. Dessa motstånd har låg tillförlitlighet och relativt kort mekanisk livslängd. Den rörliga kontakten sliter sig bokstavligen genom resistansbanan, vilket förorsakar intermittenta avbrott. Denna typ av motstånd har även dålig resistansstabilitet såväl i värme som under fuktiga förhållanden. Värme orsakar en resistansminskning, fukt en resistansökning – ofta en kraftig sådan.

I en betydligt bättre typ av varierbara motstånd med resistansbana av kol används en massiv, gjuten resistansbana med 1–2 mm tjocklek. Kontaktarmen förses oftast med en liten kolborste för att man skall få en kontakt med låg friktion. Den mekaniska livslängden hos dessa potentiometrar är betydligt längre och resistansstabiliteten under extrema miljöförhållanden är något bättre än hos traditionella potentiometrar.

De hittills beskrivna typerna av varierbara motstånd är av typ 2 och bör formellt betraktas som effekttyper. De tillåtna ef-

fekterna är emellertid i verkligheten rätt blygsamma, oftast 0,5–2 W.

Under de senare åren har även icke-trådlindade, varierbara motstånd av typ 1 utvecklats. Dessa går under olika namn, men kan i princip uppdelas i »ledande plast» och »cermet-typer».

Bägge motståndstyperna kännetecknas av god linjäritet och långtidsstabilitet. Linjäriteten finjusteras för hand efter tillverkningen, vilket har till följd att dessa motstånd blir dyra, ibland dyrare än trådlindade precisionsmotstånd. Upplösningsförmågan är dock mycket god. Även den mekaniska livslängden är god, men den är mycket beroende av belastningen. Hos potentiometrar med resistansbana av »ledande plast» är resistansstabiliteten mindre god vid högre fukthalter. Dessa potentiometrar bör därför vara hermetiskt kapslade när de används i miljöer med hög fukthalt. Hermetisk kapsling är tillräddig även hos cermet-typerna, trots att resistansstabiliteten är god. Övergångsresistansen mellan den rörliga kontakten och resistansbanan kan nämligen ändras under fuktiga förhållanden och orsaka högt brus.

Alla icke-trådlindade varierbara motstånd kännetecknas av en hög icke-linjär temperaturkoefficient, som varierar med

resistansvärdet. Dessa motståndstyper – utom cermet-typerna – har även en påtaglig spänningskoefficient, dvs totala resistansen beror av den pålagda spänningen. Vidare är kontaktresistansen icke-linjär, och ibland är den beroende av strömmens riktning, vilket resulterar i att små växelspanningar likriktas.

Hos alla icke-trådlindade, varierbara motstånd bör den ström som flyter igenom den rörliga kontakten vara så liten som möjligt (ej över 0,25 mA) om hög tillförlitlighet skall uppnås. Hos trådlindade, varierbara motstånd är förhållandet det motsatta. Där får strömmen genom den rörliga kontakten aldrig vara noll – den skall helst vara över 0,1 mA för att tillförlitlig funktion skall uppnås.

Hos icke-trådlindade varierbara motstånd – speciellt hos lågohmiga potentiometrar – kan även den restresistans, som förekommer mellan den rörliga kontakten och resistansbanan, utgöra en betydande procent av totalresistansen. Den största olägenheten p.g.a. restresistansen uppstår när kontaktarmen befinner sig i början och slutet av resistansbanan, där man väntar att resistansen mot resp uttag skall vara lika med noll.

TRÅDLINDADE VARIERBARA MOTSTÅND

När man väljer trådlindade, varierbara motstånd måste man hålla i minnet att tillverkaren gjorde en kompromiss vid konstruktionen. Det är nämligen så, att om man vill att motståndet skall ha en lång mekanisk livslängd måste trycket mellan den rörliga kontaktarmen och trådbanan vara så litet som möjligt. Därigenom blir slitaget ringa, men det kan bli svårt att åstadkomma god kontakt mellan kontaktarm och trådbana. Om kontakten får löpa fram och tillbaka hålls emellertid kontakt-ytorna rena och god kontakt uppnås. Skall kontakten däremot stå stilla eller röra sig efter relativt lång tid, måste trycket vara kraftigt för att kontakten skall kunna bryta igenom eventuella oxidskikt eller sopa undan damm eller smuts. Man kan således konstruera ett varierbart motstånd så att det ger tillfredsställande kontakt på två olika sätt. Resultatet blir dock dåligt om en viss potentiometer används på annat sätt än det som den är avsedd för.

Till de motstånd som är avsedda att justeras endast ett fåtal gånger, hör sk trimpotentiometrar. På grund av de små dimensionerna och den klena motståndstråden är kontakttrycket hos de trådlindade varianterna ofta för litet för att potentiometern skall kunna fullgöra sin uppgift – trots att kravet på den mekaniska livslängden är litet.

Trådlindade varierbara motstånd av typ 2 finns i två varianter: en för lägre och en för högre effekter. Den förstnämnda har sin motståndslindning på en flat plastremsa, som senare böjs till cirkelform. Enheten är oftast kapslad i ett bakelithölje och är försedd med dammskydd. Till följd av de ingående isoleringsmaterialens relativt dåliga motståndskraft mot värme är den maximala effekten begränsad. Värmeavledningen hindras även i stor utsträckning av dammskyddet. Hos de mindre potentiometertyperna uppstår ofta kontaktfel på grund av att kontaktarmens fjädringsförmåga är otillräcklig. Kontaktarmen kan inte ta upp de mekaniska toleranserna på resistansbanan i erforderlig grad och förmår ej heller

Tab 10. Temperatur- och spänningskoefficienter för olika typer av varierbara motstånd. De flesta temperaturkoefficienter är icke-linjära

Benämning	IEC-typ	Temperaturkoefficient /10 ⁴ °C		Spänningskoefficient (μV/V)
		låg R _{tot}	hög R _{tot}	
Massamotstånd, sprutade	2	±600	±1 200	−200
Massamotstånd, gjutna	2	± 400	±600	−100
Plastmotstånd	1	±250 ¹	±250 ¹	−50
Cermet-motstånd	1	+500	−250	−50
Metallfilmmotstånd	1	±50	± 50	−10
Trådl motstånd, små....	2	+200	+100	< 1
Trådl motstånd, trimtyp	2	+200	+100	< 1
Trådl motstånd, större	2	+200	+120	< 1
Precisionsmotstånd, trådl	1	+100 ²	±30	< 1

¹ negativ vid låga temperaturer, positiv vid höga
² +800 hos vissa flervärviga

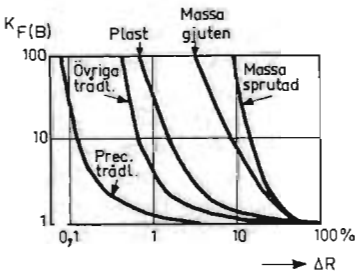


Fig 11. Multiplikationsfaktorn $K_{F(B)}$ som funktion av definitionen av fel ΔR % för resistansbanan.

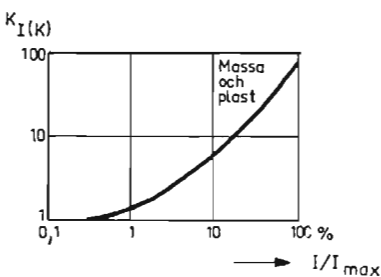


Fig 12. Multiplikationsfaktorn $K_{I(K)}$ som funktion av den normaliserade strömmen I/I_{max} genom den rörliga kontakten. För flera typer av trådlindade varierbara motstånd blir multiplikationsfaktorn hög då I_K underskrider ca 0,1 mA.

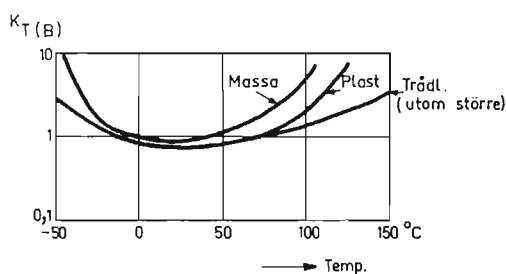


Fig 13. Motståndsbans multiplikationsfaktor $K_{T(B)}$ som funktion av temperaturen.

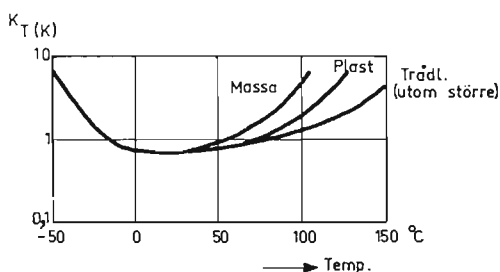


Fig 14. Den rörliga kontaktens multiplikationsfaktor $K_{T(K)}$ som funktion av temperaturen.

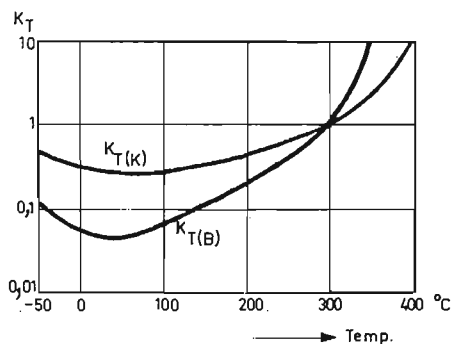


Fig 15. Multiplikationsfaktorerna $K_{T(B)}$ och $K_{T(K)}$ som funktion av temperaturen för större trådlindade varierbara motstånd.

»fjädra ner» i en svacka i kontaktbanan.

Varierbara motstånd för större effekter består av en lindning på en keramiring. Motståndstrådarna är fastlåsta av cement eller emalj utom vid kontaktbanan. Den rörliga kontakten är ofta försedd med en koppar/grafitborste för att kontakten skall förbättras och slitaget på trådarna minskas. Den mängd grafitpulver som samlas på kontaktbanan ser inte ut att inverka påtagligt på banans totalresistans. Dessa typer av varierbara motstånd, som är avsedda för stora effekter, är sällan kapslade mot damm. Damm brukar emellertid inte vålla några svårigheter på själva kontaktbanan. Däremot kan det vid låga spänningar orsaka avbrott vid de kontaktytor som förbinder den rörliga kontakten med det fasta mittuttaget. Detta undviks dock i de typer i vilka en spiraltråd eller ett band används i stället för vridkontakt.

Varierbara motstånd av precisionstyp har de bästa egenskaperna när det gäller stabilitet, brus, temperaturkoefficient och spänningskoefficient. De diskreta tråddarven i motståndslindningen har emellertid den nackdelen, att värdet på upplösningsförmågan är ändligt och beror på antalet varv. Dessa typer är avsedda för kontinuerligt bruk och kontaktrycket är därför lätt.

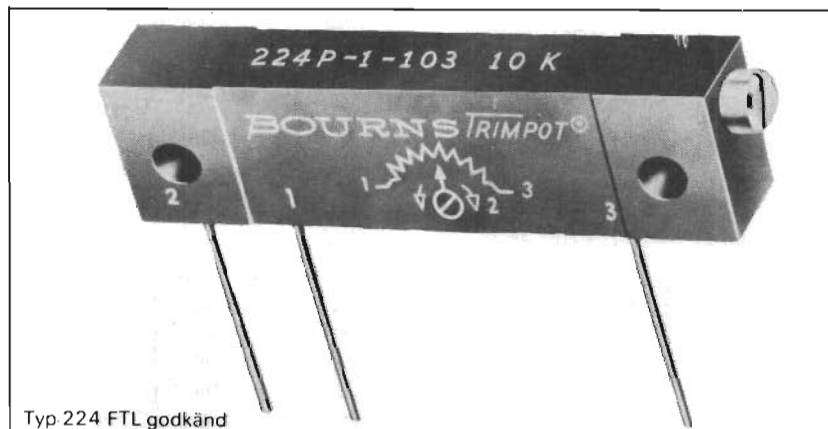
En modernare variant av den envarviga potentiometern är den flervarviga. Denna har en avsevärt bättre upplösningsförmåga och bättre linjäritet. Detta beror på att motståndstråden lindas noggrant på en rak stång, som sedan formas som en helix.

Definitionen av linjäriteten är invecklad och ger upphov till många tvister mellan tillverkare och användare. Några standardiserade mätmetoder som kan åberopas finns ännu inte.

Anslutningarna vållar svårigheter hos alla precisionspotentiometrar. Samma villkor som de som tidigare beskrivits för fasta precisionsmotstånd gäller dock. Eftersom hög upplösningsförmåga önskas måste man använda mycket tunn motståndstråd och därför är de flesta typerna hermetiskt kapslade. Speciella varianter finns, som inte har linjärt förhållande mellan rotationsvinkel och resistansvärde, t ex sin- och cos-potentiometrar. □

...apropå TILLFÖRLITLIGHET

"tänk in"



Typ 224 FTL godkänd

Över 50 typer TRIMPOT, ^R TRIMIT, ^R EZ-TRIM, ^R potentiometrar.
Mer än 25 modeller trådlindade.
Mer än 10 modeller Cermet (150 PPM std, 100 PPM mot best.).

Typ 224 Ultra – Reliable, failure rate C, 0024 % per 1000 hrs 60 % confidence level. 37 million unit test hrs. Statistikunderlag kan rekvireras.

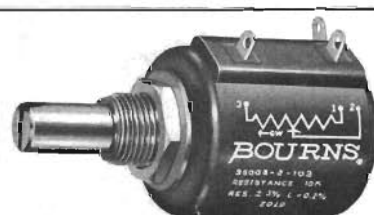
Samtliga Bourns produkter datummärkes vid tillverkning och i märkkod ingår beteckning för ursprungsfabrik.

Generalagent för Sverige och Norge:



AB ELEKTROUTENSILIER

180 20 Åkers Runö • 0764/201 10 • Telex 109 12
SEAF
LEGENT



Över 35 typer precisions – potentiometrar
18 standardtyper trådlindade.
9 standardtyper ledande plast (även 10 varv).
Bourns har stor kapacitet för specialtillverkning.

Informationstjänst nr 8



RPV 18



RPV 15



RPV 11



RV 5



RB 62



RLP 150



Precisions- potentiometrar

Precisionspotentiometrar typ RPV tillverkas i storlekarna 11, 15 och 18, är kullagrade och försedda med servofläns. De kan levereras i flergångsutförande samt med extra uttag från lindningen.

Resistansvärden från 200 Ω upp till 100 k Ω $\pm$ 5 %. Linearitet $\pm$ 0,5 % oberoende som standard. Funktionsvinkel 350°.

Sub-miniatyropotentiometer RV 5 och RPV 5 kullagrade med 1-hålsfastsättning eller servofläns. Mycket lättgående, max. startmoment 0,025 Ncm (2,5 pcm). Funktionsvinkel 325°. Resistansvärden från 500 Ω till 100 k Ω $\pm$ 5 %. Linearitet $\pm$ 0,5 % oberoende som standard.

Rätlinig rörelsegivare

"Det elektriska skjutmåttet" typ RLP. Rätlinig precisionspotentiometer för mätning av lägen, förskjutning, rörelseförlopp m m. Tillverkas i slaglängder från 25 mm upp till 360 mm, men på beställning kan både kortare och längre typer levereras.

Linearitet: bättre än $\pm$ 0,2 % oberoende som standard. Max. effekt: 0,5 W/cm funktionslaglängd vid + 40°C.

Precisionsmotstånd

Trådlindat precisionsmotstånd typ RB 62 i miniatyryutförande.

Dimensioner $\varnothing$ 4 x 7 mm. Lindat på keramisk bobin och högvakuumingjutet i epoxygjutharts. RB 62 tillverkas normalt i värden från 1 Ω till 500 k Ω och lagerföres i standardserien 1-2-5-10 etc. Mellanliggande värden tillverkas på kort tid. Noggrannhetsklasser 0,05-0,1-0,2-0,5-1 %. Max. effekt vid 85°C är 0,5 W.

Temperaturkoefficient max $20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

SWEMA

SVENSKA MÄTAPPARATER F.A.B.

Pepparvägen 27, Stockholm-Farsta 5

Tel. 08-940090

379 miljoner komponent-timmar – 1 fel...

för hela FH-serien glasinkapslade metallfilmmotstånd från Mepco.

Tillförlitligheten varierar med typ av motstånd och tillämpning. Provmethoderna måste därför baseras på specifika tillämpningar. För att kunna leverera komponenter med hög tillförlitlighet har Mepco utvecklat mer än 15 olika provprogram och "screening"-metoder.

I tabellen redovisas felintensiteten för Mepco metallfilmmotstånd serie FE (MIL-R-10509) och serie FH (glasinkapslade, MIL-R-55182, Established Reliability). Uppgifterna publicerades av Mepco i januari 1968.

Serie FH har rymdprovats i alla större projekt. Prestanda överträffar vida kraven i MIL-R-55182.

Karakteristik C (± 50 ppm) och E (± 25 ppm) av RNN och RNR 55, 57, 60, 63, 65 och 67 kan samtliga levereras i felintensitetsklasserna M, P, R och S.

Felintensitetsklass **M** 1 % per 1000 h
vid 60 % konfidens. **P** 0,1 % per 1000 h
R 0,01 % per 1000 h
S 0,001 % per 1000 h

Exempel på provresultat för Mepco metallfilmmotstånd serie FE och FH

Typ	Effekt vid 125°C	Komponent- timmar	Antal fel $\Delta R > \pm 2,0 \%$ under 10 000 h	Felintensitet i % per 1000 h	
				90 % Konfidens	60 % Konfidens
FE5	1/20 W	13 849 500	0	0,0164	0,0066
FE10	1/10 W	20 355 000	0	0,0110	0,0045
FE12	1/8 W	12 389 844	0	0,0185	0,0074
FE25	1/4 W	17 109 000	0	0,0132	0,0054
FE50	1/2 W	8 556 720	0	0,0268	0,0107
Typ FE totalt		72 260 064	0	0,0031	0,00126
FH10	1/10 W	18 136 000	0	0,0126	0,0050
FH11	1/8 W	69 980 500	0	0,0033	0,0013
FH12	1/8 W	89 000 250	1	0,0043	0,0022
FH20	1/4 W	30 773 000	0	0,0074	0,0030
FH25	1/4 W	81 881 500	0	0,0028	0,0011
FH50	1/2 W	79 610 000	0	0,0029	0,0012
Typ FH totalt		379 381 250	1	0,0010	0,0005

Ovanstående provningsresultat ligger till grund för de FRD-kort för Mepco-motstånd som getts ut av FTL.

Typ FH 12 har tidigare provats och godtagits av FTL. Provningsprotokollet har beteckningen FTL 1036.

Kondensatorer

□ □ Den ökade användningen av halvledare har i vissa avseenden inverkat på kondensatortekniken. Trots att man nu kan arbeta med lägre spänningar kan man av tillverkningstekniska och ekonomiska skäl inte minska tjockleken av kondensatorernas dielektrikum alltför mycket. En lösning är att spara utrymme genom att byta ut metallfolien mot ett metalliserat belägg. En annan lösning är att utveckla nya kondensatortyper i vilka tjockleken hos dielektriket bättre motsvarar den avsedda arbetsspänningen.

Kapacitansen för en kondensator mäts ofta vid 1 kHz, för elektrolytkondensatorer vid 50 Hz och för vissa små kondensatorer vid 1 MHz. De kapacitanser som uppmäts vid dessa frekvenser kan skilja sig från den »likspänningskapacitans» som mäts via tidkonstanten. Det är därför nödvändigt att specificera mätförhållandena vid kapacitansmätning, eftersom kapacitansen ofta är frekvens- och spänningsberoende.

Även för andra parametrar måste mätförhållandena definieras. Förlustfaktorn mäts vid samma frekvens som kapacitansen. Isolationsresistansen, som mäts vid 50, 100 eller 500 V likspänning beroende på

märkspänning, är kraftigt temperaturberoende och ofta tid- och spänningsberoende. Ofta är det isolatorer och genomföringar som bestämmer isolationsresistansen, som ligger över 10^5 Mohm.

Restladdningen, eller den dielektriska absorptionen, uppstår genom polära omvandlingar av elektrisk energi. Den har till följd att en laddad kondensator som urladdas till nollspänning efter en tid åter får en spänning som »kryper tillbaka» ur dielektriket. Restladdningen ökar med temperaturen – ca 10 gånger från 20 till 100°C. Närbesläktad med restladdningsfenomenet är den förmåga som vissa kondensatortyper har att alstra en spänning när de utsätts för statiskt tryck eller vibration. Papperskondensatorer har mycket liten emk. Hos plast- och keramikkondensatorer däremot, kan emk:n vara mycket störande, speciellt vid låga temperaturer, där den kan uppgå till 0,5 V per g (tyngdkraft).

Vid växelspänningar av 300–400 V eller däröver ökar joniseringen kraftigt om impregneringen är bristfällig. Joniseringen förstör snabbt de flesta dielektrika, i synnerhet om de utgörs av plaster.

Kondensatorer klassificeras efter den typ av dielektrikum som används. Valet av dielektrikum avgörs av många faktorer, av vilka de viktigaste är kapacitansstabilitet, specifik kapacitans (storlek), spänning, temperatur- och frekvensområde. Någon »universal» kondensator finns inte; man måste i varje särskilt fall välja en typ som är lämplig för det avsedda ändamålet. En rätt vald kondensator höjer tillförlitligheten hos apparaturen.

PAPPERSKONDENSATORER

Den konventionella papperskondensatorn har tillverkats under nästan sju decennier. Tack vare de empiriska och teoretiska data som samlats under denna tid är det nu möjligt att tillverka papperskondensatorer med hög tillförlitlighet. Papperskondensatorer har emellertid vissa begränsningar, såsom måttlig övre temperaturgräns, måttlig stabilitet och relativt höga förluster. Dessutom är det svårt att tillverka papperskondensatorer för låga spänningar.

En papperskondensator består av två metallfolier (elektrodena) oftast av aluminium, vilka lindas tillsammans med två

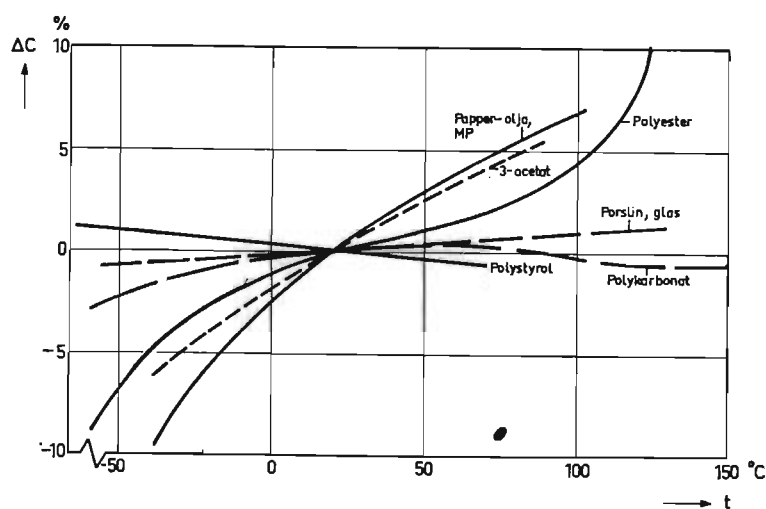


Fig 1. Kapacitansändring ΔC i % som funktion av temperatur. Låg ϵ keramik och silver-glimmer kan erhållas med önskad temperaturkoefficient.

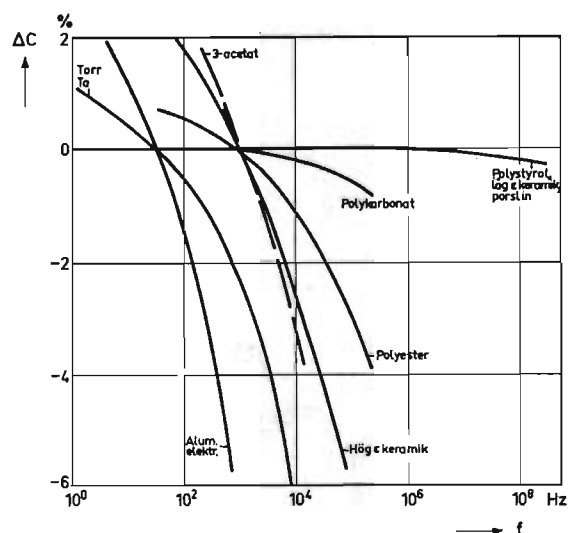


Fig 2. Kapacitansändring ΔC i % som funktion av frekvens.

tunna papperslager (dielektrikum). Metallfoliens tjocklek är ca 6 μm , medan papperstjockleken kan vara 6–20 μm beroende på önskad märkspänning. Minst två papperslager används alltid för att det inte skall bli så stor risk för kortslutning till följd av fel i papperet. Ju mindre tjocklek papperet skall ha, desto mer ökar svårigheterna vid tillverkningen och därmed kostnaderna för papperet. Det är därför opraktiskt att tillverka papperskondensatorer för lägre arbetsspänning än ca 100 V.

När den färdiga kondensatorlindan impregnerats med olja, som är det vanligaste numera, är dielektricitetskonstanten 3–4, om den är »lätt» lindad och 4–5 om den är »hårt» lindad. Lindningstrycket samt lindans form (rund, oval eller flat) påverkar även i hög grad kondensatorns temperatur- och spänningskoefficient och allmänna stabilitet. Dielektricitetskonstanten kan ökas om t ex kloroljor används som impregneringsmedel men dessa har i vissa tillämpningar icke önskvärda biverkningar. Även temperaturkoefficienten är mycket beroende av impregneringsmedlet. Om papperskondensatorer är utsatta för varierande spänningar och växlande temperaturer, måste man dessutom räkna med kapacitansändringar av 2–3 % utöver den ändring som beror på temperaturkoefficienten.

Anslutning till elektroderna kan åstadkommas med hjälp av insticksbleck eller utskjutande folie. Vid den senare metoden uppnås god kontakt med hela elektrodarean. En nackdel är emellertid att den utskjutande folien försvårar inträngningen av impregneringsmedlet, vilket kan leda till förhöjd felintensitet, speciellt vid högre märkspänningar. Använder man insticksbleck, som inte svetsas till folien, kan kontakten med elektroden bli dålig, speciellt vid lägre spänning. Kondensatorer med sådan anslutning bör därför inte användas för likspänningar av endast några

få volt. Vid små växelspänningar fungerar dessutom det icke fastsvetsade insticksblecket som en liten kapacitans i serie med kondensatorn.

Alla kondensatorer med dielektrikum av papper är mycket känsliga för fukt. Även ringa fuktmängder ökar kapacitansen samt minskar isolationsresistansen och genombrottsspänningen. Ett effektivt fuktskydd är därför ett absolut villkor för att man skall uppnå hög tillförlitlighet. Även kontroll av isolationsresistansen är mycket värdefull ur tillförlitlighetssynpunkt, eftersom genombrottsspänningen sjunker ca 15 % med varje tiopotens som isolationsresistansen sjunker.

Den s k metalliserade papperskondensatorn, MP-kondensatorn, har i stället för massiva elektroder ett tunt belägg (<0,1 μm) av aluminium eller zink, som förångas direkt på papperet. Volymen hos denna typ av kondensator blir därmed ungefär hälften så stor som volymen hos en konventionell papperskondensator vid de lägsta arbetsspänningarna. Volymen hos en MP-kondensator minskas ytterligare, eftersom man kan lägga arbetsspänningen närmare genomslagsspänningen. Detta är möjligt tack vare MP-kondensatorns självläkande egenskaper. Märkspänningen hos en MP-kondensator är 50–60 % av genomslagsspänningen. Hos en konventionell papperskondensator är märkspänningen endast 10–15 %. Vid genomslag är den resulterande strömmen i skiktet hos MP-kondensatorn tillräcklig för att förångas metallen och isolera kortslutningsstället. I kretsar med låga spänningar eller höga impedanser räcker emellertid den uppladdade energin inte till för att åstadkomma självläkning, varför det uppstår en bestående kortslutning. Dessa kortslutningar har oftast resistanser av 10 kohm–1 Mohm. I många fall är det därför tillrådligt att använda MP-kondensatorer med minst två lager papper. Risken för kortslutningar

på grund av svagheter i papperet är då obetydlig.

Stabiliteten är bättre hos MP-kondensatorer än hos konventionella papperskondensatorer. Dessutom har MP-kondensatorerna alltid kontaktsäkert utförande.

Papper har dåliga egenskaper vid högre temperaturer. Därför använder man i vissa kondensatorer både polyester och papper som dielektrikum. Egenskaperna hos dessa båda material kompletterar varandra: polyester har god isolationsförmåga vid höga temperaturer och papper god förmåga att motstå nedbrytning av de dielektriska egenskaperna. Vid högre temperaturer skadas emellertid polyester av vattenånga och det är därför nödvändigt att papperet, som i förhållande till plaster är mycket hyroskopiskt, är torrt när det används tillsammans med polyester.

KONDENSATORER MED DIELEKTRIKUM AV PLAST

Plastkondensatorer konstrueras efter samma riktlinjer som papperskondensatorer. Vissa typer av plastkondensatorer finns även i metalliserat utförande. De icke-impregnerade typerna har den högsta stabiliteten, men dessa typer är olämpliga för växelspänningar över 200–250 V_{eff}. Plastkondensatorer för lägre märkspänning och med mindre dimensioner kan tillverkas i lackfilmteknik. Denna teknik gör det möjligt att framställa mycket tunna filmer (0,5–2 μm), som sedan metalliseras. Endast lättlösliga plaster kan användas.

Många plaster har utmärkta dielektriska egenskaper. Det måste emellertid också vara möjligt att framställa dem som tunna felfria folier, om de skall komma till praktisk användning. I praktiken begränsar detta valet av plast avsevärt.

Polystyrol (styrol, styren) har utomordentligt goda elektriska egenskaper. Kapacitansstabiliteten och isolationsresistansen är mycket höga, förlusterna är låga och

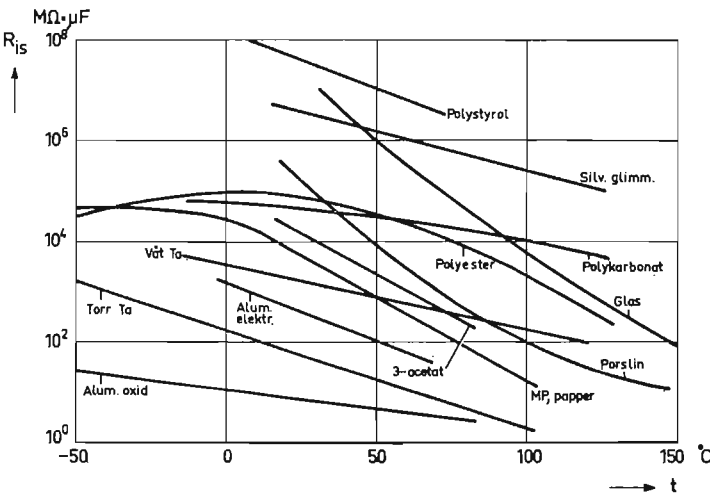


Fig 3. Isolationsresistansen R_{1s} , som funktion av temperaturen.

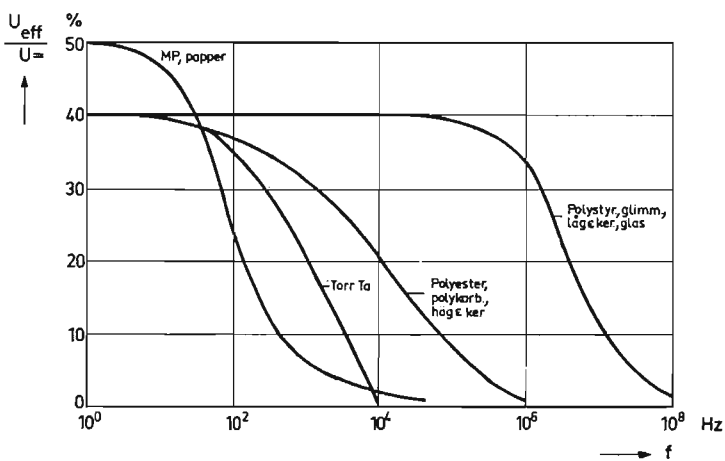


Fig 4. Växelspänning/märkspänning $U_{eff}/U =$ som funktion av frekvens för konstant felintensitet. Dessa värden gäller endast under 25° C. Däröver bör de reduceras linjärt till 0,3 av angivna värden vid max tillåten temperatur.

tämligen oberoende av temperatur och frekvens. Polystyrol är ett icke-polärt material och har låg dielektrisk absorption. Den högsta stabiliteten erhålls när kondensatorlindan värmebehandlas efter framställningen. Polystyrolkondensatorer har emellertid två allvarliga nackdelar: de tål inte höga temperaturer (helst inte över $+70^{\circ}\text{C}$) och de bryts lätt ned av vissa organiska ämnen, t ex hudrester, svett och fenoler.

Hos polystyrolkondensatorer framställda i lackfilmt teknik blir förlusterna vid högre frekvenser högre än hos kondensatorer av konventionellt utförande. Polystyrolkondensatorer i lackfilmutförande är speciellt lämpliga om man vill ha stora och stabila tidskonstanter. Kapacitansen vid likspänning ligger inom $\pm 0,1\%$ av värdet vid 1 kHz.

Vissa andra plaster, såsom PTFE (Teflon), PCTFE (Kelf, Hostafion) har samma goda egenskaper som polystyrol. De tål dessutom höga temperaturer och är okänsliga för främmande ämnen. De är emellertid svåra att framställa i form av tunna filmer och är dessutom rätt dyra. Polypropylen (Mopelfan) är liksom polystyrol frekvensoberoende. Det kan användas vid temperaturer upp till 175°C , men har betydligt högre förluster än polystyrol.

Kondensatorer med dielektrikum av polyester eller polyterephtalat (Mylar, Hostafan, Terafilm) har ungefär samma elektriska egenskaper som papperskondensatorer. Polyesterkondensatorerna har dock högre temperatur- och spänningstålighet samt högre isolationsresistans vid höga temperaturer. Polyesterfolie tillverkas i tjocklekar ned till $4\text{ }\mu\text{m}$ och kondensatorerna tillverkas ofta i metalliserat utförande. Polyesterkondensatorer beter sig på ett mycket komplicerat sätt. De uppvisar förlustminima vid olika temperaturer, och förlusterna är dessutom frekvensberoende. De når ett maximum vid ca 1 MHz och av-

tar igen vid högre frekvenser.

Polykarbonat (Makrofol) är ett relativt nytt material, som har goda egenskaper utom vid frekvenser över ca 0,1 MHz, där förlusterna ökar kraftigt. Förlusterna minskar med ökande temperatur. Isolationsresistansen vid högre temperaturer är mycket god.

Cellulosatriacetat (Triafol) används enbart för lackfilmkondensatorer. Det har hög dielektricitetskonstant och är löslöst i lösningsmedel. Kondensatorer med dielektrikum av detta material har små dimensioner och deras elektriska egenskaper liknar papperskondensatorernas. De har emellertid ett relativt snävt temperaturområde och hög dielektrisk absorption.

Vid konstant växelspanning ökar felintensiteten hos plastkondensatorerna med ökande frekvens, se fig 4. För metalliserade typer bör vågfrontens branthet vid pulsbelastning inte överskrida $10\text{ V}/\mu\text{s}$.

KERAMISKA KONDENSATORER

En keramisk kondensator består av ett keramikrör eller en keramikbricka, försedd med påbrända silverelektroder, till vilka anslutningsstrådarna löds. Kondensatorn skyddas genom dopplackering eller ingjutning. De vanligaste typerna har fått benämningen »låg ϵ » eller »hög ϵ » alltefter värdet av dielektricitetskonstanten. Någon definitiv gräns finns inte, låg ϵ betyder normalt 6–85, hög ϵ 150–10 000. Det som är avgörande i praktiken är de övriga elektriska egenskaperna.

Kondensatorer med låg ϵ karakteriseras av mycket hög kapacitansstabilitet och av en väldefinierad, linjär och reproducerbar temperaturkoefficient. Kondensatorer med de lägsta ϵ -värdena har en positiv temperaturkoefficient på ca $100 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Med ökande ϵ blir denna maximalt negativ vid ca $-750 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ för $\epsilon = 80$. Det önskade ϵ -värdet erhålls genom lämplig sammansättning av råmaterialet, som ofta består

av steatit och titandioxid med olika tillsatsmedel.

I keramikkondensatorer för högre kapacitanser används material med högt ϵ -värde. Detta innebär emellertid att kondensatorns andra egenskaper försämras allt eftersom ϵ -värdet ökar. Stabiliteten försvinner, temperaturkoefficienten blir hög och olinjär. Även andra faktorer, som är försumbara hos kondensatorer med lågt ϵ -värde, t ex spännings- och frekvensberoende, gör sig gällande. Vid $\epsilon > 3\,000$ kan kapacitansändringar av 50 % förorsakas av extrema temperaturändringar och kapacitansen vid märkspänning kan skilja sig 20 % från den vid nollspänning.

Keramikkondensatorer är känsliga för fukt. Denna ökar kapacitansen och förlustfaktorn samt minskar isolationsresistansen. Kondensatorer med lågt ϵ -värde har i övrigt god tillförlitlighet. Totalfel förekommer sällan med undantag för de kortslutningar som kan uppstå till följd av silvervandring vid likspänningar. Fel i tilldelarna, antingen till följd av trådbrott eller sprickbildning vid lödpunkten på silverskiktet, förekommer både hos kondensatorer med högt och sådana med lågt ϵ -värde.

En ny typ av keramikkondensatorer för låga spänningar (6 V) – spärrskikttyp (barrier-layer) – har lanserats de senaste åren. De har kapacitanser på upp till $0,1\text{ }\mu\text{F}$ och mycket små dimensioner. Deras övre temperaturgräns ligger vid endast ca $+50^{\circ}\text{C}$. Isolationsresistansen är mycket låg (ca 0,1 Mohm).

GLIMMERKONDENSATORER

Av glimmerkondensatorer förekommer två typer: bladade och metalliserade – benämningen beskriver elektrodsystemet. I bladade glimmerkondensatorer (stacked mica) som har elektroder av tenn- eller kopparfolie, staplas enheterna för att man skall få önskad kapacitans. Kondensatorn

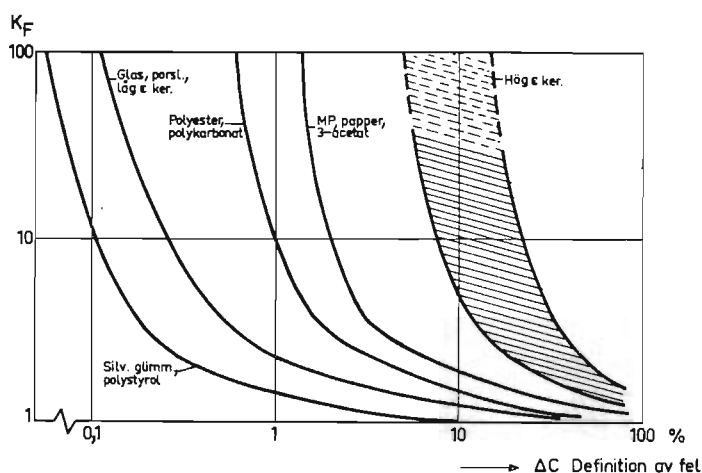


Fig 5. Multiplikationsfaktor K_F som funktion av definition av fel ΔC %.

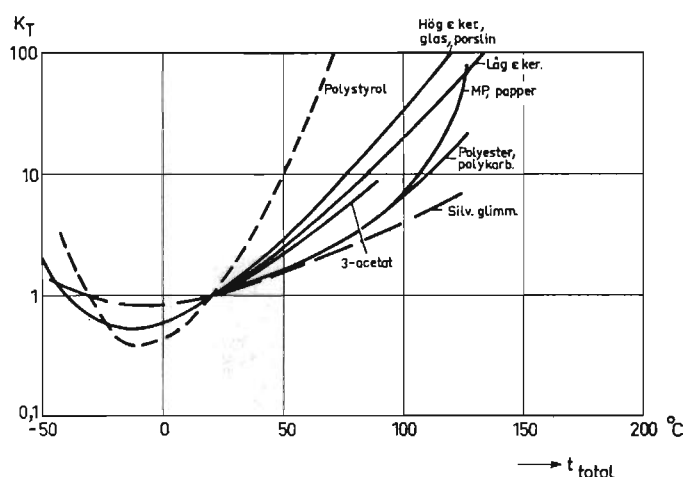


Fig 6. Multiplikationsfaktor K_T som funktion av totaltemperaturen.

kläms ihop mekaniskt och gjuts in. Därigenom blir temperaturkoefficienten icke-cyklisk och kapacitansstabiliteten blir sämre (ca 2 %). Dessa kondensatorer används huvudsakligen vid höga frekvenser, eftersom de tål relativt höga strömmar.

Den metalliserade typen av glimmerkondensatorer har nästan alltid silver som elektrodmaterial. Kapacitansstabiliteten är mycket god. Även de elektriska egenskaperna är goda över ett stort frekvens- och temperaturområde, utom vid de allra lägsta eller högsta kapacitansvärdena; kondensatorer med kapacitanser inom området 50–1 000 pF har de bästa egenskaperna. Metalliserade glimmerkondensatorer är liksom andra metalliserade kondensatorer olämpliga för höga strömmar. Dessa kan, liksom hos silver-glimmertyperna, ge upphov till brus. Kapacitansen vid likspänning är ca 3 % högre än vid 1 kHz. Temperaturkoefficienten ligger vid $\pm 100 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Silver-glimmerkondensatorer är bland de mest tillförlitliga kondensatorer

som finns. Fel kan dock uppstå genom silver-vandring, framförallt vid likspänning i hög fukt och hög temperatur. Alla glimmerkondensatorer är känsliga för fukt och bör därför vara väl kapslade. Fukt som tränger genom kapslingen ökar kapacitansen och förlustfaktorn och minskar isolationsresistansen.

GLAS- OCH PORSLINS-KONDENSATORER

Glas- och porslinskondensatorer framställs genom att tunna skivor av glas eller glasyr sintras. Elektroden utgörs av tunna silverfolier eller av ett metalliserat skikt direkt på skivorna. I porslinskondensatorerna är glasyren »fylld» med keramikbesläktade material, som ger högre dielektricitetskonstant. Det färdiga elementet sintras ofta in i ett hölje av samma material som dielektriket, vilket ger en mycket kompakt och miljöbeständig konstruktion.

Fel hos glas- och porslinskondensatorer

beror på nedbrytning av dielektriket, förorsakad av överlagrade likspänningar, samt på avbrott till följd av svårigheterna att ansluta tillledningarna till elektroderna. Partiella avbrott kan även orsakas av höga strömpulser.

POLARISERADE KONDENSATORER

Polariserade kondensatorer benämns elektrolytkondensatorer. För dessa fordras att den påförda spänningen har rätt polaritet. Normalt kan de användas enbart vid likspänning med en överlagrad växelspänning av mindre amplitud. Den tillåtna växelströmmen är begränsad. Elektrolytkondensatorns parametrar påverkas kraftigt av temperatur, pålagd spänning och tid, varför de i figurer och tabeller angivna parametervärdena måste betraktas som ungefärliga. Där parametrarna är spännings- och kapacitansberoende har värdena valts för 35 V likspänning och 25 μF .

De flesta elektrolytkondensatorer har en

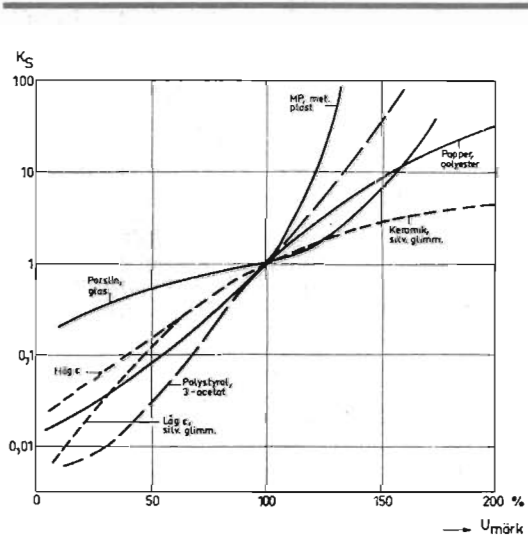


Fig 7. Multiplikationsfaktor K_S som funktion av normaliserad märkspänning.

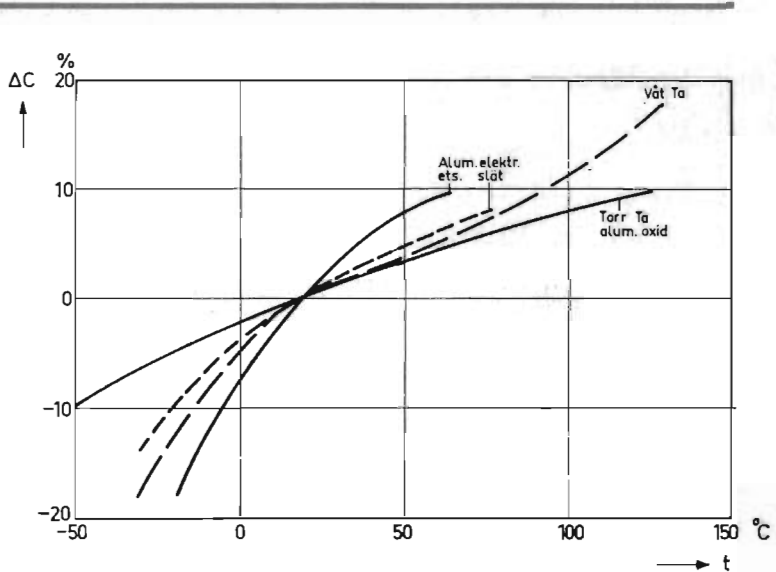


Fig 8. Kapacitansändring ΔC i % som funktion av temperatur för elektrolytkondensatorer.

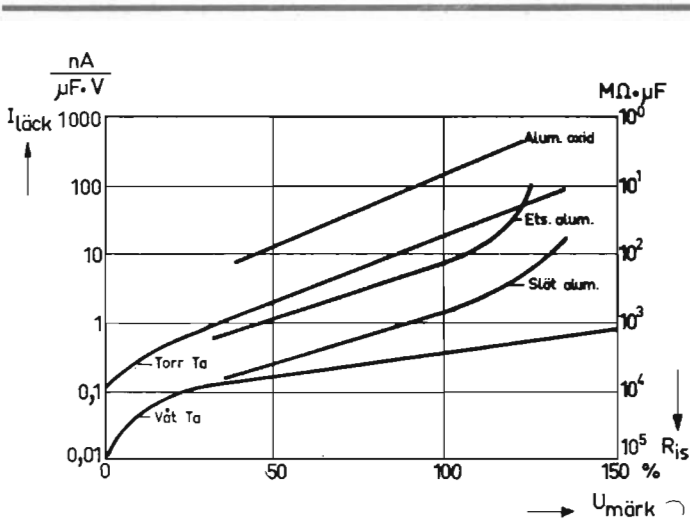


Fig 9. Läckström och isolationsresistans som funktion av normaliserad märkspänning.

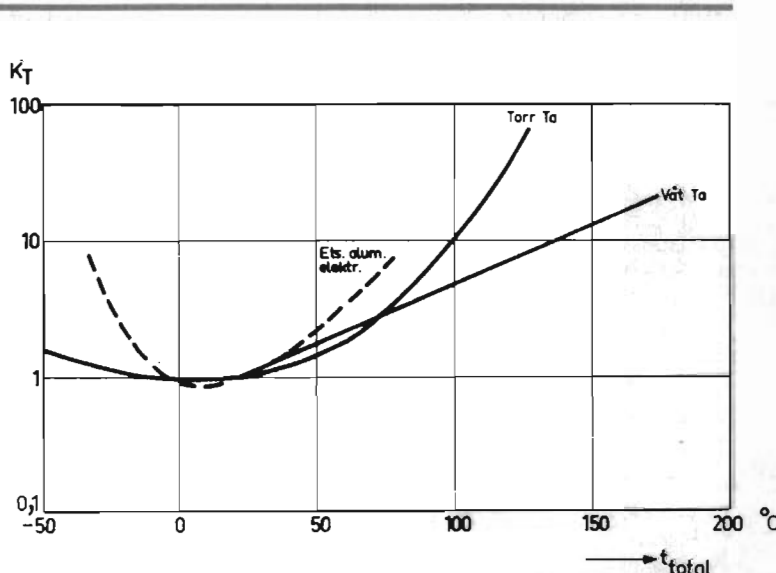


Fig 10. Multiplikationsfaktorn K_T som funktion av totaltemperaturen för elektrolytkondensatorer.

likspänningskapacitans som är betydligt högre än växelspänningskapacitansen. Detta kan vara störande t ex i tidsbestämmande kretsar. När två elektrolytkondensatorer motkopplas för ren växelspänningsdrift, kan kapacitansen variera med driftförhållandena med en faktor på 1 till 2.

ELEKTROLYTKONDENSATORER AV ALUMINIUM

En elektrolytkondensator av aluminium består av två aluminiumfolier (ca 50 µm) med ett distanselement av papper indränkt i elektrolyt (glykol + borat). Den ena folien är (när $U = 100$ V) täckt av ett ca 0,1 µm tjockt oxidskikt. Den utgör anoden och dielektrikum. Elektrolyten utgör katten, dit kontakt förmedlas genom den

andra icke-oxiderade folien. Högre specifika kapacitanser åstadkommes genom att anodens verksamma yta ökas genom etsning (formering). En kapacitansökning av 7-12 gånger är då möjlig, men förlusterna ökar 2-4 gånger och temperatur-egenskaperna försämrats. Anslutningarna till folierna måste svetsas eller sys, och alla delar måste vara av aluminium (helst också formerade) för att korrosion skall undvikas. Kondensatorlindan måste kapslas väl för att elektrolyten inte skall torka ut. En övertrycksventil bör finnas.

Svagheter i oxidskiktet avhjälpas genom elektrolys, varvid det frigjorda syret bildar ny aluminiumoxid. Vätgasen pyser ut genom ventilen. Eftersom elektrolyten inte har oändlig resistans flyter ständigt en

läckström, som dels ökar oxidskiktets tjocklek, dels förbrukar vattnet i elektrolyten. Detta leder i början till en långsam kapacitansminskning, som sedan blir mycket snabb. Läckströmmen hos en given elektrolyttyp bestäms i första hand av föroreningsgraden (i synnerhet klor) men även av temperatur och spänning. Därför är förutsättningarna för att man skall kunna tillverka långlivskondensatorer att de använda materialen är mycket rena, att reserven av elektrolyt är stor samt att temperatur och spänning reduceras. För låg spänning kan emellertid leda till minskad kapacitans och ökad läckström till följd av nedformering. Vid spänningar av endast några volt är kondensatorn inte längre polär och kapacitansen sjunker på

TAB 1. FASTA KONDENSATORER — ALLMÄN ÖVERSIKT

Kondensatortyp	Kapacitans- område	Tolerans- område (%)	Temperatur- område (°C)	Frekvens- område (MHz)	Märksp- område (V) (liksp)	Stabilitet (% av C)	Förlust- vinkel tan δ (% vid 1 kHz)			Dielekt- risk ab- sorption (%)
							-40°	20°	70°	
Papper-olja.....	1 nF—25 µF	± 5—20	-40/+100	0—0,1	100—10 000	3—6	0,5	0,3	0,3	0,5
MP	10 nF—100 µF	± 5—20	-55/+125	0—0,2	100—1 000	3	1,5	0,5	0,4	0,5
Papper-polyester	10 nF—20 µF	± 5—20	-55/+125	0—0,5	100—1 000	2	0,9	0,7	0,5	0,3
Polyester	10 nF—20 µF	± 1—20	-55/+125	0—1	50—1 000	3	1,2	0,6	0,2	0,2
Polystyrol	10 pF—0,5 µF	± 0,1—5	-40/+70	0—1 000	50—2 000	0,2—0,5	0,02	0,02	0,03	0,02
Polykarbonat	100 pF—2 µF	± 1—20	-55/+125	0—1	50—400	1	0,4	0,1	0,07	0,05
Cell 3-acetat	10 nF—200 µF	± 10—20	-40/+85	0—0,1	50—600	2—5	2	1	0,7	3,5
(lackfilm)										
Keramik, låg ε	1 pF—500 pF	± 1—10	-55/+125	0—1 000	50—500	0,5	0,05	0,04	0,06	—
Keramik, hög ε	100 pF—0,1 µF	± 2—20	-55/+125	0—0,1	200—1 000	5—20	3	2	1	—
Silverglimmer	1 pF—0,1 µF	± 1—10	-55/+125	0—500	125—500	0,2	0,04	0,05	0,05	0,8
Glas	100 pF—10 nF	± 1—10	-55/+200	0—500	250—500	0,5	0,06	0,06	0,07	—
Porslin	1 pF—10 nF	± 1—10	-55/+125	0—100	100—500	0,5	0,03	0,03	0,05	—
Al oxid	1—100 µF	-10/+50	-55/+85	0—0,1	3—50	5	15	10	12	—
Al elektrolyt ets	1—10 000 µF	± 10—50	(-40)/+70	0—0,001	3—550	10—30	—	15	10	—
Tant elektr, torr	1—500 µF	± 5—20	-80/+125	0—0,1	3—100	5	8	5	6	1,0
Tant elektr, våt	0,1—1000 µF	± 10—20	-55/+175	0—0,1	3—200	5	7	3	4	—

Anm. För elektrolytkondensatorer är tan δ mätt vid 50 Hz.

TAB 2. TILLFÖRLITLIGHETSDATA FÖR FASTA KONDENSATORER

Kondensatortyp	Felmödsfördelning %						Grundfelintensitet $\bar{\epsilon}/10^4$	
	vid belastning		vid fukt		vid låg temperatur		vid 20°C, U = 100 %	Minuteman riktvärde
	korts	avbrott	korts	avbrott	korts	avbrott		
Papper-olja.....	95	5	90	10	70	30	0,002—0,1	0,006
MP	90	10	90	10	75	25	0,003—0,25	—
Papper-polyester	95	5	90	10	80	20	0,0001—0,01	—
Polyester	95	5	95	5	90	10	0,005—0,25	—
Polystyrol	90	10	80	20	80	20	0,01—0,08	—
Polykarbonat	90	10	80	20	90	10	0,008—0,3	—
Cell 3-acetat (lackfilm)	95	5	90	10	90	10	0,01—1	—
Keramik, låg ε	45	55	85	15	40	60	0,002—0,06	—
Keramik, hög ε	60	40	90	10	30	70	0,03—1	—
Silverglimmer	40	60	80	20	5	95	0,001—0,05	—
Glas	60	40	(70) ^f	(30)	40	60	0,003—0,2	0,006
Porslin	60	40	(70)	(30)	40	60	0,002—0,08	—
Al oxid	(90)	(10)	—	—	—	—	0,08—0,3	—
Al elektrolyt ets	60	40	(60)	(40)	(20)	(80)	0,01—5	—
Tant elektr, torr	95	5	(60)	(40)	30	70	0,005—0,3	0,01
Tant elektr, våt	75	25	(50)	(50)	40	60	0,002—10	0,01

^f Värden inom parentes anger att uppgiften är osäker eller ej formellt fastställd.

grund av att det bildas oxid på katoden. Drift vid ca 0,5 V i fel riktning har ingen försämrande inverkan i och för sig, men resulterar i höga läckströmmar när rätt polaritet sedan används.

Om en elektrolytkondensator av aluminium är utan spänning under en längre tid (6–12 månader) eller har mycket låg spänning, måste den formeras om. Man ansluter den därvid till en spänning i serie med ett motstånd, som begränsar läckströmmen uttryckt i μA till ca 10 CV, där C är kapacitansen i μF och V är kondensatorns märkspänning. Spänningen över kondensatorn ökas successivt tills den är lika med märkspänningen. Om läckströmmen inte begränsas till rimliga värden uppstår oftast kortslutning. Kondensatorer som har råkat ut för fel polaritet bör betraktas med misstro ur tillförlitlighetssynpunkt.

Speciella varianter för låga eller höga temperaturer brukar ha lägre tillförlitlighet vid normala temperaturer. Elektrolytkondensatorer förlorar snabbt sin kapacitans när de utsätts för upprepade urladdningar, såvida de inte är speciellt konstruerade för sådana driftförhållanden. Fel är oftast kortslutning på grund av för hög spänning eller temperatur. Skenbara avbrott kan uppstå vid låga spänningar på grund av kapacitansbortfall, 100 μF till 0,1 μF är typiskt. Direkta avbrott kan förekomma om en kondensator med otillräckligt fixerad linda utsätts för vibrationer eller skakningar.

ALUMINIUMOXID-KONDENSATORER

Den relativt nya aluminiumoxid-kondensatorn är i princip densamma som elektrolytkondensatorn med den skillnaden att den våta elektrolyten är ersatt av torr mangandioxid. Mangandioxiden förbrukas emellertid inte av läckströmmen på samma sätt som den våta elektrolyten, och därför bör livslängden för en aluminium-

oxid-kondensator teoretiskt vara oändlig. Aluminiumoxid- (eller »solid») typerna är inte självläkande som de våta typerna, och detta fordrar en större säkerhetsmarginal mellan drift- och formeringsspanningen. Detta begränsar automatiskt den högsta driftspänningen till ca 50 V.

Egenskaperna är ur temperatursynpunkt betydligt bättre än hos elektrolyttyperna. Läckströmmen är dock högre. Fel- och tillförlitlighetsinformationen för denna typ av kondensatorer är ännu så länge mycket knapp, men man kan utgå från att aluminiumoxid-kondensatorer beter sig på samma sätt som torrtantalkondensatorer.

TORRA TANTALKONDENSATORER

Tantalkondensatorer av torr eller »solid» elektrolyttyp består av en kropp av sintrat tantalpulver (anoden) som förses med ett oxidskikt (dielektrikum) och ett lager mangandioxidpulver. Utanför detta finns ett grafitiskt, som försilvrats och som utgör katoden. Normalt kapslas enheten i en metallhylsa med glasgenomföringar.

Tantalpentoxidens höga dielektricitetskonstant (ca 27) gör att den specifika kapacitansen är hög. Priset för tantal är högt, men som kondensatormaterial har det många fördelar. Kapacitansen är stabil och ändrar sig linjärt med temperaturen. Läckströmmen är låg, varför den inte behöver omformas ens efter det att kondensatorn varit utan spänning en lång tid. Läckströmmen är dock något tidsberoende. Impedansen är låg och påverkas mindre av temperatur och frekvens än hos aluminium-elektrolyter. Tåligheten mot mekaniska påkänningar är mycket god. Kapacitansen är tämligen oberoende av spänningen utom vid låga temperaturer.

I likhet med aluminiumoxid-kondensatorer är torrtantal typerna inte självläkande. De bör därför skyddas mot spänningstransienter medelst ett seriemotstånd, ca 1 ohm per volt. Fel kan uppstå i själva

oxidskiktet till följd av kristallväxt. Sådana fel leder till en markant ökning av läckströmmen. Detta fenomen är spännings- och temperaturberoende och det är ofta förklaringen till att kondensatorer inte kan klara ett långtidsprov vid maximala data.

Under förutsättning att läckströmmen hålls inom rimliga gränser tar en tantalkondensator inte skada av en felpolaritet av en eller två volt. Resistansen är dock endast ca 0,001 av resistansen vid rätt polaritet och kapacitansen är ca 5 % lägre. Karakteristiken är snarlik en diods och bör uppmärksammas vid växelspänningsdrift utan överlagrad likspänning.

VÅT-TANTALKONDENSATORER

Den första typen av våt-tantalkondensatorer som utvecklades är analog med aluminiumtypen, med undantag av att den har tantalfolie. På grund av sitt begränsade temperatur- och frekvensområde och övriga nackdelar är dock denna typ av kondensator av mindre intresse.

Den andra typen har samma konstruktion som torrtantaltypen men den har en flytande elektrolyt, ofta svavelsyra. Den har lägre stabilitet än den torra typen. Läckströmmen är dock mycket låg, to m lägre än hos papperskondensatorer vid högre temperaturer. Våt-tantalkondensatorer är inte självläkande och förstörs redan om de utsätts för små spänningar av fel polaritet. Kapacitansen hos vissa fabrikat är lägesberoende. Vid frekvenser upp till ca 1 MHz är impedansen 3–5 gånger så hög som hos den torra typen.

VARIERBARA KONDENSATORER

Informationen om tillförlitlighet hos varierbara kondensatorer är synnerligen knapphändig, i synnerhet när det gäller typer för avstämningsändamål. Inställbara kondensatorer av trimtyp har däremot uppnått en viss grad av standardisering och liksom för många andra komponenter råder ett samband mellan standardisering, provningsföreskrifter och tillförlitlighetsunderlag.

Typer med luft som dielektrikum har den högsta tillförlitligheten under förutsättning att de inte utsätts för högfrekventa vibrationer eller föroreningar i form av damm eller smuts. Felintensiteten $\bar{z}$ för dessa typer vid 20°C och låga spänningar ligger inom området 0,1 – 3 · 10⁻⁶. Felintensiteten påverkas relativt litet av temperaturen ($\bar{z}$ ökar ca 5 ggr från 0° till 85°C) och är mer än kraftigt spänningsberoende ($\bar{z}$ ökar ca 200 ggr från 0 till max tillåten spänning). Samma värden gäller även för keramiska trimtyper. Hos flervärviga trimtyper med dielektrikum av glas har felintensiteten däremot moderat spänningsberoende (ca 20 ggr) och högt temperaturberoende (ca 100 ggr).

Felmoden hos de flesta typer är avbrott. Dock kan kortslutning förekomma hos keramiska typer, speciellt vid likspänningsdrift. □

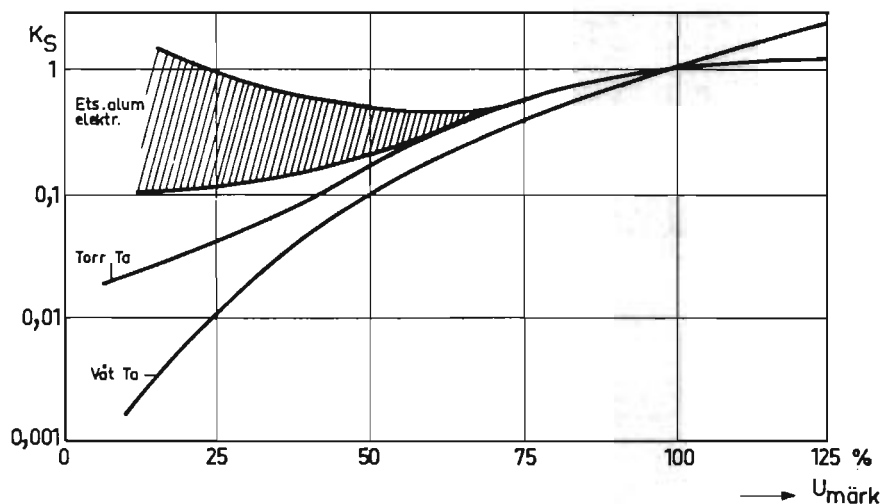


Fig 11. Multiplikationsfaktorn K_S som funktion av normaliserad märkspänning för elektrolytkondensatorer.



FERROPERM

En kapacitet när det gäller kapacitanser

KOMPONENTER ÄVEN FÖR MORGONDAGENS TEKNIK.

KERAMISKA KONDENSATORER

Dessa kondensatorer tillverkas enligt IEC-normerna för såväl typ I som typ II. Kapacitansområde: 1 pF — 82 nF
Spänningsområde: 25 V — 1600 V



KERAMISKA »BARRIER-LAYER» KONDENSATORER (keramiska kond., typ III)

Skivutförande i dim. $\varnothing = 8$ mm t. o. m. $\varnothing = 19$ mm Kapacitansområde: 10 nF — 0,47 μ F
Spänningsklass: 12 V och 30 V



CHIPS – KONDENSATORER

För inlödning i hybridkretsar



JÄRNPULVER- och FERRITKÄRNOR

Tillverkas i ett stort antal standardenheter — även specialutföranden offereras.



INTEGRERADE KRETSAR

Passiva tunnfilmkretsar och hybridtunnfilmkretsar



PIEZOELEKTRISKT MATERIEL

INDUSTRISELSKABET **FERROPERM** AKTIESELSKAB

Stubbeled 7 · 2950 Vedbæk Danmark

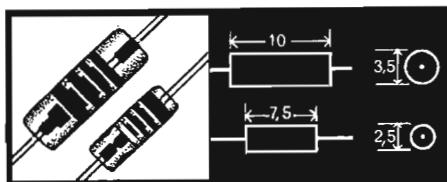
Telefon: (01) 89 03 92 · Telegram: FERROPERM, Kopenhagen

SVENSK REPRESENTANT: THURE F. FORSBERG AB, BOX 79, 123 21 FARSTA 1, VX. 08/93 01 35

ERIE

 TRADE **HUNT'S** MARK
CAPACITORS

GLASKAPSLADE MONOBLOC KONDENSATORER



Typ 8005 (CK 12) och 8025 (CK 14)

Dessa små robusta monobloc kondensatorer, hermetiskt inneslutna i glaskapsel, ger högsta tillförlitlighet även i svåraste miljöer. Kondensatorelementen är uppbyggda av flera lager tunn keramikfilm som smälts ihop till ett stycke (monobloc). Provade och godkända av FTL.

Kapacitansområde 120—22 000 pF
Kapacitansolerans $\pm 10\%$ eller $\pm 20\%$
Arbetspänning 100V
Arbetstemperatur -55°C till $+125^{\circ}\text{C}$
Temperaturkoefficient K 1200

METALLISERAD POLYKARBONAT KONDENSATOR

 TYP
ML
30


En liten stabil och synnerligen tillförlitlig polykarbonatfilmkondensator innesluten i metallrör. Volymen är endast ca 12 % av motsvarande metalliserad papperstyp.

Provad och godkänd av FTL.

Kapacitansområde 0,1—10 μF
Kapacitansolerans $\pm 20\%$ standard
($\pm 10\%$, $\pm 5\%$,
 $\pm 2\%$ på begäran)
Arbetspänning 63VDC (30VAC)
Temperaturområde -55°C till $+85^{\circ}\text{C}$
Miljötålighet H6 enl DEF5011 (56 dygn)

AIRtronic



Trimkondensatorer med luftdielektrikum och keramikisolerings

Högkvalitativa trimkondensatorer för panel- eller kortmontage. Genomgående mycket goda data. Hög Q -värde även inom UHF området. Låg temperaturkoefficient. Hög isolationsresistans. Temperaturområde -55°C till $+125^{\circ}\text{C}$. Kapacitansområde 0,35—3,5 pF till 1—20 pF. Lätt trimmad och stabil inställning med antivibrationsring av teflon.

Material: Guldpläterad mässing, nickel-silverlegering i löparen, 300°C lödtenn. Trimskruven täcks hermetiskt av lock med kiselgummipackning.

Tantal kondensatorer typ CM för tjock- och tunnfilmkretsar



Torra sintrade subminiaturkondensatorer ingjutna i plastkåpa med två förtenta nickel-elektroder. Kondensatorerna fästs på substratet genom upphettning i ugn eller med ledande epoxy. 6 storlekar enligt bilden ovan.

Kapacitansområde 0,001—220 μF
Arbetspänning 2—50V
Läckström 20 nA/ $\mu\text{F/V}$

AB GÖSTA BÄCKSTRÖM

-ledande i elektronik


 TELEFON 54 03 90
BOX 12 089
102 23 STOCKHOLM 12

Omkopplare och kontaktdon

□ □ Många av de problem som är förknippade med tillförlitligheten hos omkopplare och kontaktdon, inklusive reläer, har det gemensamt att de orsakas av själva kontakten. Tillförlitligheten hos samtliga dessa komponenter skall därför behandlas samtidigt. Någon redogörelse för de många olika sätt, på vilka man kan åstadkomma slutning och brytning av kontakten, kan dock inte ges här.

Tillförlitlighetsunderlaget för elektromekaniska komponenter är i allmänhet bristfälligt jämfört med det för övriga komponenter. Det är troligen ingen tillfällighet

att detta gränsområde mellan mekaniska och elektroniska komponenter också är en mycket svag länk i tillförlitlighetskedjan.

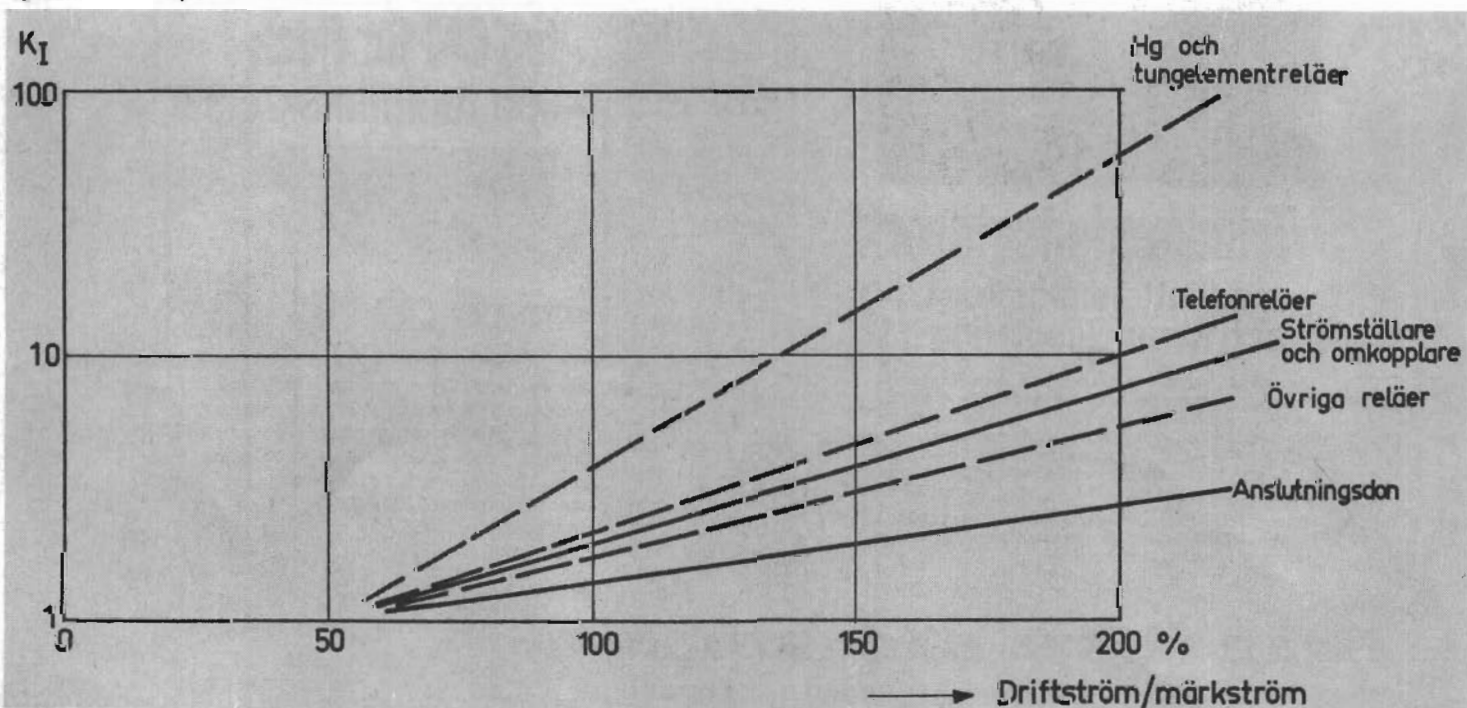
KONTAKTPROBLEM

Något idealiskt kontaktmaterial existerar inte, varför man i varje enskilt fall får kompromissa för att få fram en kontakt som ger den bästa lösningen i en specifik tillämpning.

En ideal kontakt skall ha nollresistans i slutet tillstånd och oändlig resistans i öppet tillstånd. För att minimal resistans skall

erhållas när kontakten är sluten, fordras att ledningsförmågan hos kontaktmaterialet och dess tilläddare är god. Det är också nödvändigt att kontaktytorna hålls rena och att de är helt fria från höghögmiga eller isolerande skikt. Om kontakten skall öppnas medan den är strömförande måste kontaktmaterialet ha hög smältpunkt för att inte skadas av eventuella ljusbågar, och om kontakten skall öppnas ofta måste kontaktmaterialet även vara slitstarkt. Det är omöjligt att uppfylla alla dessa krav samtidigt. Dessbättre förekommer endast vissa »absoluta» krav samtidigt. De viktigaste

Fig 1. Multiplikationsfaktorn K_I som funktion av den normaliserade märkströmmen vid resistiv belastning. Vid belastning med glödlampor blir K_I 4–10 gånger så stor. Vid induktiv belastning blir de individuella variationerna mycket stora. K_I appliceras till såväl $\bar{z}$ per 10^6 cykler som till $\bar{z}$ per 10^6 h.



kraven ur tillförlitlighetssynpunkt är att kontakten skall ha:

- låg resistans under långvarigt slutet tillstånd;
- låg resistans efter långvarigt öppet tillstånd;
- låg resistans under kontinuerlig funktion;
- hög brytförmåga under kontinuerlig funktion.

Valet av kontakt påverkas även i hög grad av det antal funktioner (cykler, dvs slutningar och brytningar) som fordras.

Kravet att kontakten skall ha låg resistans efter långvarigt öppet tillstånd är det svåraste att uppfylla i praktiken, varför man bör undvika att låta kontakten stå öppen under längre tid. Det är också svårt att bibehålla tillförlitligheten hos kontaktarna i en utrustning, som skall användas efter en tids lagring. En lösning är att »fukta» kontakten med en tillsatsström (t ex 10 mA vid 20 V).

Problemet att välja kontaktmaterial har många olika lösningar, ofta bestämda på empirisk väg. I det följande ges därför endast en översikt av principerna för dessa lösningar.

TILLFÖRLITLIGHETEN HOS KONTAKTER

Tillförlitligheten hos kontakter är nästan alltid högst vid »lagom» ström och spänning. Felintensiteten ökar vid höga strömmar och spänningar samt när ström och spänning närmar sig noll, om kretsen i fråga inte tolererar en relativt höghög resistans (storleksordning 1 000 ohm).

Vid stillastående kontakt, t ex i anslutningsdon, är det lämpligt att ange felintensiteten i fel/10⁶ h. När kontakten är i kon-

tinuerlig funktion är det däremot lämpligare att ange felintensiteten i fel/10⁶ cykler, t ex för reläer. Om antalet funktioner per tidenhet är känt kan det ena uttrycket omvandlas till det andra, men man bör komma ihåg att felintensiteten i och för sig ofta är beroende på den hastighet med vilken kontakten arbetar. Vid tillförlitlighetsberäkningar måste man göra denna omräkning för att erhålla samma uttryck för felintensiteten.

LÅG KONTAKTRESISTANS

Silver eller guld är det bästa kontaktmaterial för sådana kontakter som skall utföra ett begränsat antal brytningar och slutningar och som är strömlösa under bryttiden. I de fall strömmen genom kontakten överstiger några tiondels mA och krets-spänningen överstiger någon V, är rent silver mycket lämpligt som kontaktmaterial. Den silveroxid som alltid bildas på ytan har liten inverkan, eftersom den är ledande och avsöndras, nedbryts, vid relativt låga temperaturer. Vid lägre strömmar och spänningar – i storleksordning μ A och mV – eller i de fall det finns risk för sva-velangrepp på silver, är det nödvändigt att använda guldpläterade kontakter.

De bästa kontaktarna erhålls med en »mjuk» guldplätering, dvs en ca 5 μ m tjock beläggning av rent guld på en 2 μ m tjock beläggning av koppar. Den kallsvetsning av guld som sker även vid lågt kontaktryck ger en mycket god elektrisk förbindning, men kontakter utförda på detta sätt tål ofta inte mer än ca hundra brytningar och slutningar. Om kontaktarnas mekaniska livslängd måste vara längre kan man i stället platera »hårt» guld över koparskiktet (hårt guld=rent guld, legerat med annan metall, vanligen silver). Det är

ofta fördelaktigt att platera honkontakten med hårt och hankontakten med mjukt guld. Ännu större motstånd mot slitage erhålls om ett skikt av hårt guld pläteras på ett skikt av nickel. Kontakter som utförts på detta sätt har dessutom den fördelen att de tål högre temperaturer. Ju hårdare guld-beläggningen på koppar är desto större är risken att kontaktarna får höghög övergångsresistans vid mycket låga strömmar (s k dry circuit-tillämpningar). Rent guld mjuknar redan vid 100° C och vid spänningar över 0,1 V. Platina mjuknar vid 500° C och 0,25 V.

De kontakter vilkas övergångsresistans är höghög, beroende på oxid- eller korrosionsskikt mellan kontaktställena, har icke-linjär överföringsfunktion vid låga signalnivåer. De kan sålunda fungera som likriktare och orsaka högt klirr. Därför är det viktigt att klirrmätning av kontaktpar görs vid typprovning och andra undersökningar. Ur elektrisk synpunkt verkar guldpläterade kontakter vara idealiska, men det är de egentligen endast när relativt stora krafter åstadkommer brytning av kontakten, t ex i anslutningsdon. Hos reläer eller andra kontaktdon, där de mekaniska krafterna är små, kan kontaktklibbning bli ett allvarligt problem. I sådana fall är det nödvändigt att använda andra ädelmetaller för pläteringen, t ex platina, palladium, iridium samt deras legeringar. Kontaktsäkerheten blir emellertid då lägre.

HÖG BRYTFÖRMÅGA

Guldpläterade kontakter är, p g a den låga smältpunkten hos guld, olämpliga att använda vid höga strömstyrkor och i de fall en lång mekanisk livslängd erfordras. Vid höga strömstyrkor måste kontakten ha god ledningsförmåga för att temperaturen

Tab 1. Omkopplare och kontaktdon – allmän översikt

Typ	Max resistiv belastning		Antal arbetscykler	Temp-område (°C)	Max funktionstakt (cykler/s)	Kapacitans mellan öppna kontakter (pF)	Kontakt-resistans (mohm)
	Växelström	Likström					
Strömställare vipp- mikro-	250 V 10 A 250 V 10 A	30 V 20 A 125 V 5 A	10 ⁴ –10 ⁵ 10 ⁶ –10 ⁸	–55/+100 –55/+125	— 3–30	0,5–3 0,5–2	1–5 1–10
Omkopplare tryck- och vrid-	250 V 50 mA	30 V 0,5 A	10 ⁴ –10 ⁵	–40/+85	0,2–1	0,4–0,8	0,5–2
Reläer telefon- kvicksilver-, fuktat tungelement- låg nivå- övriga	100 V 1 A 300 V 3 A 250 V 0,5 A 100 V 0,1 A 250 V 5 A	60 V 1 A 300 V 3 A 200 V 0,5 A 6 V 0,1 A 30 V 10 A	10 ⁶ –10 ⁷ 10 ⁶ –10 ⁹ 10 ⁷ –10 ⁹ 10 ⁶ –10 ⁷ 10 ⁵ –10 ⁶	–40/+70 –30/+85 –55/+100 –65/+125 –55/+125	10 100 300 20 5	5–20 2–5 0,2–0,5 1–10 10–30	10–20 2–5 10–200 — 20–100
Anslutningsdon för kretskort med flata stift med runda stift av koaxialtyp	2–5 A 1–10 A 1–50 A 1–50 A	2–5 A 1–10 A 1–50 A 1–50 A	10 ² 10 ³ 10 ³ 10 ³	–65/+125 –55/+150 –55/+200 –55/+150	— — — —	— — — —	1–5 1–10 1–10 1–5

vid kontaktstället inte skall bli för hög. Av samma orsak måste den verksamma kontaktytan vara tillräckligt stor, så att strömmen inte orsakar att kontakterna smälter och svetsas ihop. Vid höga strömstyrkor brukar man därför använda kontakter med skikt av silver, som är den bäst ledande metallen. Eftersom silver har en relativt låg smältpunkt måste man vidta särskilda åtgärder för att skydda kontakterna mot gnistor i de fall märkströmmen kommer att brytas ofta. Benägenheten hos silver att bilda silversulfid i svavelhaltig atmosfär är ett problem, men detta kan lösas genom hermetisk kapsling av kontakterna eller – där antalet brytningar är litet – genom att man pläterar silverkontakten med en ädelmetall, ofta rhodium.

Ofta bildas en ljusbåge i brytningsögonblicket när spänningen över de öppna kontakterna överskrider 12–18 V och strömmen överskrider 0,3–1 A (värdena varierar med kontaktmaterialet). Ljusbågen består av en joniserad bana med relativt god ledningsförmåga, och energiutvecklingen vid kontaktytorna är hög och eroderande. Om ljusbågen har lång varaktighet kan kontaktmaterialet förångas och under inverkan av eventuella magnetfält föras bort – i vissa fall från en kontakt till en annan. Det är då nödvändigt dels att bryttiden är kort för att temperaturen hos kontaktytorna inte skall bli så hög, dels att kontaktmaterialet har hög kokpunkt och god värmeledningsförmåga. Kontaktstudning underlättar ljusbågsbildning och orsakar dessutom störningar. Under sådana förhållanden är valet av kontaktmaterial mycket komplicerat. När det krävs lång livslängd och spänningen är hög är det nödvändigt att använda volfram som kontaktmaterial. Vid måttliga spänningar och moderata

krav på antalet funktioner är silver med tillsats av kadmiumoxid att föredra.

KONTAKTHINDER

Som redan nämnts bildas på vissa kontaktmaterial vanligen ett kontakthindrande skikt, som kan genombrytas endast med tillräckligt hög spänning eller stort kontakttryck. Kontakten kan också hållas ren genom att det kontakthindrande skiktet nöts bort varje gång kontakten är i funktion, men detta är tillämpligt endast i speciella fall. En låg felintensitet kan uppnås endast om de krav man ställer på kontakten uppfylls under hela dess livslängd, dvs kontakttrycket måste bibehållas utan att kontaktmaterialet vare sig förbrukas eller förändras. Försvinner eller förändras kontaktmaterialet kan spännings- eller tryckkravet för tillfredsställande funktion bli helt annorlunda. Detsamma gäller om kontakten utsätts för atmosfärisk inverkan eller nedsmutsning. I många fall är hermetisk kapsling av kontakten enda lösningen, men inte heller detta är utan problem.

Damm eller smuts kan till följd av slarv komma in i kapseln och dessutom kan damm bildas genom att rörliga delar nöter mot isoleringsmaterialet. Ett mycket allvarligt problem med kapslade enheter är att kontaktytorna beläggs med organiska föreningar, som bildas av ångor från olika isoleringsmaterial med kontaktmaterialet som katalysator. Icke-kapslade kontakter kan beläggas med silikoner från närliggande komponenter och även angripas av klorider och sulfider från papp och papper. Speciellt vid låga spänningar kan tillförlitligheten hos kontakter ökas genom parallellkoppling av flera kontakter. Denna lösning är vanlig i sådana konstruktioner

där hög grad av tillförlitlighet erfordras.

UTEBLIVEN BRYTNING

Klibbning eller fastsvetsning av kontakter förekommer oftast när strömstyrkan är för hög antingen till följd av direkt överbelastning eller p g a för stor strömkoncentration till en liten del av kontaktytan. Problemet försvåras ofta av studsning, speciellt vid likströmstillämpningar. Materialöverföring från den ena kontakten till den andra kan leda till en permanent överbrygning av kontakterna. Denna materialöverföring kan accelereras om gnistsläckningskondensatorn har ett olämpligt värde.

»Skäggväxt» (whisker-growth) kan förekomma hos vissa material, speciellt silver och tenn, under varma, fuktiga förhållanden i samband med likspänning. Faran för skäggväxt är överhängande vid låga belastningar, och överbrygning kan ske även vid andra punkter än vid själva kontakterna.

Det isoleringsmaterial som är nödvändigt för att kontakterna skall hållas på rätt plats i normalt tillstånd, har i regel så hög isolationsresistans att dess inverkan på de öppna kontakterna kan försummas. Vid högre temperaturer eller vid hög fuktighet kan emellertid isolationen nedsättas så mycket att funktionen blir störd.

PROVNING AV KONTAKTER

Vid provning av kontacters tillförlitlighet är det nödvändigt att kontrollera att kontakten och dess drivanordning tål den aktuella atmosfären såväl i vila som i drift. Det är svårt att bedöma korrosionsangrepp efter accelererat prov, på grund av att beläggningarna då ofta är kraftigare, fast mjukare, än de som uppstår när kontakten är i praktisk drift.

Tab 2. Tillförlitlighetsdata för omkopplare och kontaktdon

Typ	Felmodsfördelning (%)				Grundfelintensitet ¹ $\bar{z}$ per kontaktpar vid 20° C och 50 % belastning	
	vid belastning		vid låg temperatur		per 10 ⁶ cykler	per 10 ⁶ h
	kortslutning	avbrott	kortslutning	avbrott		
Strömställare vipp- mikro-	50	50	20	80	0,05–0,8	0,01–2
	60	40	30	70	0,01–0,5	0,01–0,1
Omkopplare tryck- och vrid-	10	90	30	70	0,05–1	0,01–0,1
Reläer telefon- kvicksilver-, fuktat tungelement- lägnivå- övriga	20	80	40	60	0,01–1	0,001–0,05
	50	50	10	90	0,0002–0,005	0,01–5
	70	30	30	70	0,001–0,1	0,01–5
	20	80	50	50	0,01–10	0,005–0,1
	50	50	40	60	0,01–5	0,001–0,1
Anslutningsdon för kretskort med fiata stift med runda stift av koaxialtyp	Felmod är nästan uteslutande avbrott på grund av mekanisk deformation, främmande stoft eller isolerande skikt. Kortslutning till intilliggande kontakt kan dock förekomma.				100–1 000	0,05–1
					20–200	0,02–0,5
					10–100	0,1–1
					10–100	0,01–0,1

¹Felintensiteten erhålles genom att den del som beror på antalet cykler adderas till den del som beror på antalet timmar. Antalet cykler måste därför vara känt.

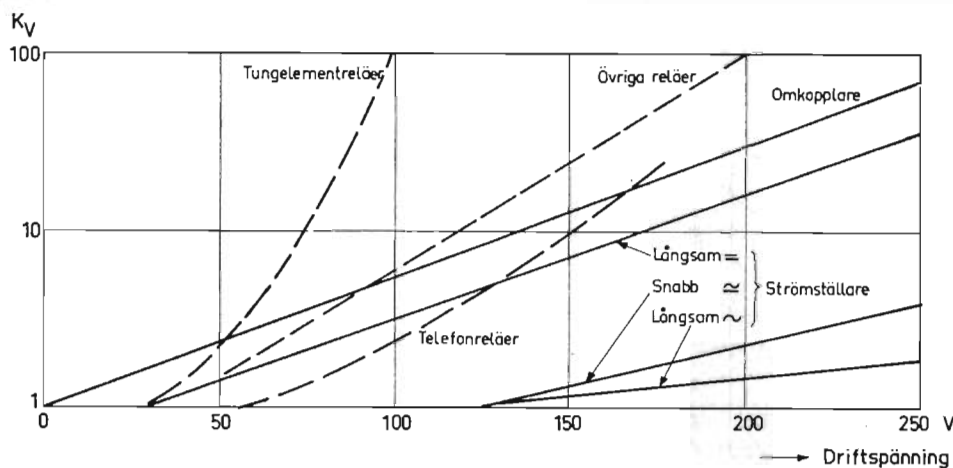


Fig 2. Multiplikationsfaktorn K_V som funktion av driftspänningen vid resistiv belastning. Vid induktiv belastning kan som mycket grov tumregel användas K_V för 2,5 gånger högre spänning. K_V appliceras enbart till $\bar{z}$ per 10^8 cykler.

Kontakter avsedda för låga signalnivåer bör provas vid såväl låg som hög temperatur, och resistans och klirr mäts sedan utan att kontakten har brutits. Vid låga temperaturer kan både temporära avbrott i och fastklämning av kontakter förekomma; det förra ofta till följd av formförändringar i isoleringsmaterialet, det senare till följd av att utvidgningskoefficienterna är olika.

Vid elektrisk provning av kontakten blir felintensiteten mycket beroende av strömmens art (växel- eller likström), av spänningen samt av den yttre kretsens reaktans och eventuella gnistsläckningsanordningar. I exempelvis en glödlampa är resistansen hos glödtråden 15–20 gånger så stor när tråden är varm som när den är kall. Provningresultatet blir i sådana fall mycket beroende av funktionstakten. Kontaktresistansen bör mätas vid ca 10 mV.

Vid mekanisk provning bör funktionstakten ligga nära den verkliga för att resultatet av provningen inte skall bli missvisande. De tillförda krafterna skall noggrant kontrolleras, och drivanordningen bör förses med lämpliga slirkopplingar och mekaniska säkringar. Det är väl värt att göra sig det extra besväret att räkna såväl elektriska som mekaniska cykler för att indikera eventuella kontaktnisser.

STRÖMSTÄLLARE

Den vanligaste strömställaren för moderata strömstyrkor är av vipptyp. Kontakternas mekaniska utförande är sådant att kontaktytorna, som ofta är av silver, hålls rena. Vid normal belastning är det oftast kontakterna som bestämmer livslängden; de fel som uppstår orsakas av hopsvetsning eller sönderbränning. Vid lägre belastningar uppträder oftast först mekaniska fel, t ex brustna fjädrar eller utslitna rörliga delar. Felmodsfördelningen mellan kortslutning och avbrott är därför ungefär lika. Maximum lik- och växelspanning är då endast 25–50 % av märkväxelspanningen. Vid maximum spänning är max tillåten likström endast 5–25 % av märkväxelströmmen. Vissa växelströms-strömställare är så

utförda att man avsiktligt får ett långsamt brytförlopp och därmed högre tillförlitlighet. Sådana strömställare är olämpliga för likspänningar över 30 V.

Mikroströmställare har en mycket liten volym i förhållande till sin brytförmåga och fordrar inte mycket kraft för manövreringen. Vid större belastningar måste manövreringshastigheten ökas, vilket minskar livslängden hos strömställaren. Under mycket noga kontrollerade manövreringsförhållanden kan livslängder över 10^8 cykler erhållas, förutsatt att strömmen och spänningen är låga. På grund av det ringa avståndet mellan kontaktytorna är den maximala likspänningen som strömställaren tål i öppet tillstånd rätt begränsad, varför gnistsläckning är nödvändig vid induktiv belastning.

Många strömställare kan erhållas med guldpläterade kontakter för lågnivå-tillämpningar (dry circuit). En sådan kontakt brukar, även om den använts endast få gånger för högre strömmar eller spänningar, visa en avsevärt högre felintensitet när den åter används vid en låg nivå.

Felintensiteten hos alla strömställare är – utom vid låga nivåer – beroende på antal cykler samt belastnings art och ström/spänningsprodukt. Vid låga nivåer beror felintensiteten dels på antalet cykler, dels på hur lång tid strömställaren är i drift.

OMKOPPLARE

Med omkopplare menas här vrid- och tryckomkopplare, avsedda för signalkretsar. De kallas ofta »radio-omkopplare». Med hänsyn till den låga signalnivån är kontakterna hos dessa omkopplare silverpläterade och »självrensande», vilket oftast är tillräckligt. I de fall där omkopplaren sällan skall manövreras kan det vara nödvändigt med guldpläterade kontakter. Vid låga belastningar är det de mekaniska felet som bestämmer livslängden, men med tiden kan man även få en ökande och ostabil kontaktresistans.

Ovannämnda typer av omkopplare är känsliga för damm, smuts och mekanisk åverkan. Felintensiteten påverkas huvud-

sakligen av antalet arbetscykler och den tid omkopplaren är i drift speciellt under svåra atmosfäriska förhållanden.

RELÄER

Behovet av hermetisk kapsling av reläer dikteras ofta av driftförhållandena. Kapslingen kan dock leda till minskad tillförlitlighet om själva kontakterna inte är hermetiskt skilda från resten av reläet. Avsyringen hindras till följd av kapslingen, varför man bör prova reläerna genom att kontrollera kontaktresistansen vid reducerad tillslagsspänning. Hög temperatur har en förstörande verkan, och dessutom kan extrema temperaturer nedsätta tillförlitligheten hos reläerna om man vid kretskonstruktionen inte tar hänsyn till spolens ökade resistans och därmed minskade magnetiska kraft (ca 0,4 % per °C) vid ökad drifttemperatur. Även egenskaperna hos själva magnetkretsen kan försämrats vid högre temperaturer; permeabiliteten hos vissa Ni-Fe-legeringar minskar med 1,25 % per °C.

Under senare år har tungelementreläer (dry reed) fått vidsträckt användning. De har hög verkningsgrad och hög tillförlitlighet, är snabba och prisbilliga. De kan även erhållas i »kvicksilverfuktade» varianter. En del mystiska fel har dock inträffat med tungelementreläer, huvudsakligen vid sådana tillämpningar där känsligheten för en enda felfunktion är stor. Felet är nästan alltid klubbning, ofta efter en tids drift. Denna kan orsakas av kallsvetsning av ädelmetallen vid kontaktytorna eller av att magnetiska material bryter igenom kontaktytan. Det sistnämnda försåras om en viss restström genomflyter spolen. Det är mycket viktigt att inlödning inte orsakar mekaniska påkänningar på glaset, vilket är den vanligaste felorsaken.

Kvicksilverfuktade reläer har lång livslängd och bryter mycket snabbt. Tack vare den snabba brytningen kan t o m ledningar fungera som induktiv belastning och därför är gnistsläckning mycket viktig. Nackdelarna hos dessa kontakter är att de måste monteras inom 20–30° från vertikal-

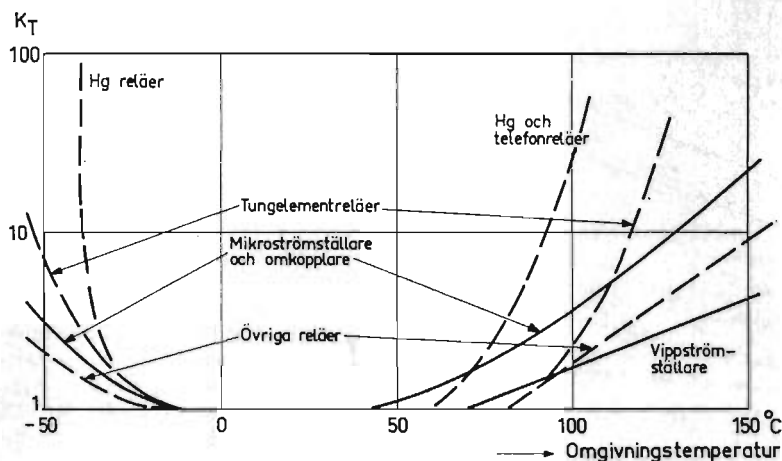


Fig 3. Multiplikationsfaktorn K_T som funktion av omgivningstemperaturen. K_T appliceras till $\bar{z}$ per 10^6 cykler men endast till $\bar{z}$ per 10^6 h då arbetsknoten är liten.

axeln och att de inte fungerar under kvicksilvrets fryspunkt (-39°C).

Felintensiteten hos ett relä beror på kontaktbelastningen, antalet arbetscykler samt på antalet drifttimmar. De senare faktorerna är temperaturberoende. En del av felintensiteten härrör från spolen. Vid måttliga temperaturer, låg fuktighet och ren atmosfär är felintensiteten hos spolar för låga spänningar $0,05-0,2/10^6$ h. Den är större vid likspänning och ökar dessutom snabbt med minskande tråddiameter, vid fukt, atmosfäriska föroreningar osv.

GNISTSLÄCKNING

Gnistor och ljusbågar vid kontakter kan avsevärt nedsätta kontakternas livslängd. De kan också välla störningar över ett brett frekvensområde. I vissa fall har de transienter som uppkommer en sådan amplitud att övriga komponenter (i synnerhet halvledare) blir förstörda. Situationen är mest kritisk när en induktiv belastning bryts; amplituden är stor och har omvänd polaritet mot vilospänningen.

Gnistsläckning för att öka effektiviteten kan åstadkommas medelst motstånd, dioder, icke-linjära motstånd, RC-kretsar, motkopplade dioder plus RC-krets osv i nämnd ordning. När man använder kondensatorer är det nödvändigt att se till att strömrusningen vid kontaktslutning inte förorsakar skador. Man bör undersöka om åtgärden är effektiv och därvid helst använda ett oscilloskop. Observeras bör att de gnistsläckande anordningarna kan fördröja ett reläns funktionstider.

ANSLUTNINGSDON

Vad som ovan sagts om kontaktmaterial gäller generellt även för anslutningsdon. Även för anslutningsdon är silver, helst med överplätering av rent guld, det bästa materialet. Om basmaterialet skall vara fjädrande bör det bestå av fosforbrons eller koppar-beryllium-legering. Donets mekaniska konstruktion är mycket viktig; den är avgörande för den slutgiltiga tillförlitligheten. De resultat man erhållit vid

prov av anslutningsdon i civila flygplan i drift visar att felintensiteten hos anslutningsdon som uppfyller militära normer är 1-2 storleksordningar lägre än hos don som inte uppfyller dessa normer. Den avsevärt högre initialkostnaden för pålitliga anslutningsdon kan därför, totalt sett, sägas utgöra en besparing.

Antalet aktiva kontakter måste självfallet hållas så lågt som möjligt. Den totala felintensiteten för ett givet don är emellertid inte någon linjär funktion av antalet poler eller kontakter. Som framgår av fig 4 ökar multiplikationsfaktorn (K_N) mycket snabbt med ökande antal aktiva kontakter vad beträffar grundfelintensiteten för antalet isärtagningar (»cykler»). En direkt följd av detta är, att det av tillförlitlighetsskäl alltid finns ett optimalt antal poler per anslutningsdon som ger minimum total felintensitet.

Om t ex 100 ledare skall anslutas och antalet isärtagningar under en drifttid av 10 000 h ligger mellan 100 och 1 000, blir den totala felintensiteten lägst vid 8-15 poler per anslutningsdon. Om endast ett anslutningsdon med 100 poler används blir felintensiteten 20-100 gånger så hög, beroende på antalet isärtagningar. Är antalet isärtagningar mycket litet (10 eller mindre) och drifttiden lång ($>10\,000$ h) blir kurvan för felintensitetsminimum mycket flack och totala felintensiteten därmed relativt oberoende av uppdelningen i olika antal don. Det är därför mycket viktigt att konstruktören känner till de praktiska driftförhållandena.

Anslutningsdon för tryckta kretsar måste vara så konstruerade, att såväl den isolerande delen som kontakterna kan acceptera relativt stora variationer i kretskortets tjocklek utan att felaktig kontakt uppstår. Rörelsefriheten hos kontaktfjädrarna måste vara väl avvägd, så att kortets kontakter inte skadas. Risken för kortslutning till nästa kontakt måste samtidigt elimineras. Kontaktfjädrarna skall alltid vara dubbla eller tvådelade.

Flatstiftkontakter är speciellt lämpliga för insticksenheter osv tack vare deras me-

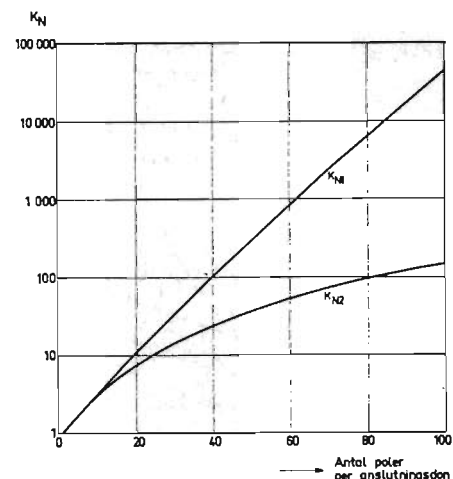


Fig 4. Multiplikationsfaktorn K_N som funktion av antalet poler per anslutningsdon. K_{N1} appliceras till $\bar{z}$ per 10^6 cykler (isärtagningar) och K_{N2} till $\bar{z}$ per 10^6 h.

ra utpräglade »självrensande» förmåga. De är dock inte lämpliga att använda vid strömmar över 5-10 A. Rundstiftkontakter används huvudsakligen för kabelanslutning och har i allmänhet en stabilare övergångsresistans än flatstiftkontakterna, vilket är fördelaktigt om de skall användas under svårare miljöförhållanden. De kan erhållas i hermetiskt slutet utförande, vilket sällan är fallet med flatstiftkontakterna. Runda kontaktstift med diametrar under 1,5 mm bör inte användas. Märkströmmen hos flerpola kontakter gäller endast ett kontaktpar åt gången. Uppvärmningen kommer att kraftigt reducera tillförlitligheten om alla kontakter belastas med var sin märkström samtidigt.

Ur tillförlitlighetssynpunkt bör koaxialkontakter behandlas som tvåpoliga anslutningsdon. Hos anslutningsdon bestäms felintensitetens temperaturberoende av det ingående isoleringsmaterialet och kan variera mycket. De keramikliknande material som tål mycket höga temperaturer ger sämre tillförlitlighet vid moderata temperaturer än vissa plastmaterial.

Fel hos anslutningsdon beror på dålig konstruktion eller på fel vid tillverkningen, felaktigt montage, olämpligt typval, felaktig tillämpning eller på mekanisk åverkan under drift. Konstruktions- eller tillverkningsfel kan förebyggas endast genom lämplig typprovning och ankomstkontroll. Felaktigt montage bär skulden till 50 % av alla fel under drift, speciellt gäller detta lödning av klana trådar. Olämpligt typval skulle kunna undvikas om man hade bättre kännedom om och förståelse för problemen, men förutsättningen härför saknas, eftersom informationskällorna är alltför få.

Många fel i drift orsakas av mekanisk åverkan eller av damm och smuts. I praktiken kan man inte göra mycket åt detta, i synnerhet inte i industri- och utomhusanläggningar. Helst bör man - så vitt möjligt - undvika anslutningsdon. I de fall där sådana måste användas bör man ta till stora mekaniska och elektriska säkerhetsmarginaler. Detta är även ett av de få fall, där redundans kan vara lönsam. □

Tryckta kretsar

□ □ Uttrycket tryckta kretsar används ofta i betydelsen tryckt ledningsdragning och avser mera sällan de i egentlig mening tryckta kretsar där såväl ledningar som komponenter utformas genom tryckförfarande.

Råmaterialet för framställning av tryckta kretsar består alltid av ett isolerande material med kopparfolie pålimmad på en eller båda sidor. Kopparfolien har standardtjocklekar på 35 eller 70 μm , medan isoleringsmaterialet kan erhållas i flera olika tjocklekar, av vilka de vanligaste är 1,6, 2,4 och 3,2 mm. Isoleringsmaterialet måste ha för ändamålet lämpliga mekaniska och elektriska egenskaper. De vanligaste materialen är fenolpapper, epoxipapper och epoxi-glasfiber.

Fenolpapper är det billigaste materialet. Det har god hållfasthet men sämre formstabilitet och fuktbeständighet. Vanligtvis får man inte använda det i apparatur avsedd för militärt bruk. Epoxipapper har bättre formstabilitet och betydligt bättre fuktbeständighet. Vid hög fuktighet under lång tid (> 80 % rel fuktighet och 1 000 timmar) är det tom bättre än epoxi-glasfiber. De båda materialen med papperbas är olämpliga att använda vid arbetstemperaturer över 100°C. Epoxi-glasfiber har den högsta hållfastheten och formstabiliteten och kan användas upp till 130°C. Använt under kortare tid (upp till 200 timmar) har detta material också den bästa fuktbeständigheten.

Kopparlaminatet får inte påverkas av de olika kemikalier som det kommer att utsättas för under framställningen av det färdiga kretskortet. Limskiktet är speciellt känsligt för uppvärmning vid lödning och för de vätskor som används vid plätering med ädelmetaller. Lödning och plätering kan också ge upphov till mekaniska påkänningar, som orsakar att folien lyfts från

isoleringsmaterialet eller att kortet böjs.

Laminatets elektriska egenskaper är temperaturberoende och påverkas ofta med tiden. Normalt är det isolationsresistansen som varierar mest, speciellt vid större ändringar i den omgivande fuktigheten, men även förlustvinkeln och dielektricitetskonstanten kan vålla besvär.

KOPPARYTAN MÅSTE SKYDDAS

Sedan ledningsmönstret framställts måste den rena kopparytan skyddas mot oxidering. Den får inte heller repas. Det enklaste sättet att skydda ytan är att använda skyddslack, vilket även fungerar som flussmedel vid senare lödning. Mera vanligt idag är emellertid att belägga kopparn med olika metaller. En enkel och billig metod är att doppa kopparfolien i ett bad av lödtenn som har hög tennhalt. Elektrolytisk plätering med lödtenn är mindre lämplig. Nickelplätering är mycket bra, men ett alltför tjockt skikt kan reducera kopparns vidhäftning till basmaterialet. Användning av rhodium medför vissa problem, eftersom det är svårt att få detta material att fästa vid kopparskiktet annat än i form av mycket tunna skikt.

Genompläterade hål används ofta numera dels för att förbinda ledare på ömse sidor av ett dubbelsidigt kort, dels för att lödningen av anslutningstråden skall bli säkrare. Omsorgsfullt utförda genompläterade hål har den högsta tillförlitligheten av alla genomförbindningar för kretskort. För arbetsprocessen krävs emellertid stor yrkeskunnighet; brister det därvidlag kan genompläterade hål i själva verket bli mycket otillförlitliga.

Felmoden hos alla genomförbindningar är avbrott som orsakas främst av olika utvidgningskoefficienter vid temperaturändringar. De resulterande avbrotten blir ofta

temperaturkänsliga och därför mycket svåra att upptäcka, speciellt vid stumma genomföringar, såsom rörnitar, lödtorn osv. En ny typ av genomförbindning som kallas C-R (compliant-redundant) består av en silikon- eller kiselgummipropp med omflätad strumpa av guldpläterade koppartrådar, och den lär vara mycket pålitlig tack vare sin flexibilitet.

HÖG TILLFÖRLITLIGHET

Tillförlitligheten hos högklassiga tryckta kretsar är så hög att felintensiteten i praktiken kan försummas. För varje löd- och kontaktställe skall emellertid de i tidigare artiklar i denna serie angivna felintensiteterna tillämpas. För genompläterade hål som används enbart som genomförbindning är $z = 0,0001-0,0005/10^6$ h för 0,8 mm laminat och $0,001-0,005/10^6$ h för 1,6 mm laminat vid högklassigt utförande. För inlödda rörnitar är motsvarande siffror 0,001-0,01 resp 0,005-0,05.

Särskilt viktig från tillförlitlighetssynpunkt är monteringen av komponenter. Olämplig montering med t ex korta, stumma inlödningar kan höja felintensiteten avsevärt hos såväl komponenterna som hos kretskortet i dess helhet.

Strömbelastningen bör inskränkas till 3 A/mm bredd för 35 μm kopparfolie och 4 A/mm för 70 μm , förutsatt att intelligande ledare inte är strömförande. Detta motsvarar ca 25°C temperaturstegring över omgivningstemperaturen för bar koppar. Om kopparn är nickelpläterad blir temperaturstegringen ca 20 % högre, och om den är varmförnt ca 30 % högre. Plastöverdrag, avsedda som fukt- eller dammskydd för det färdiga kortet, kan också minska värmeavledningen. Detta bör beaktas i de fall där kopparmönstret fungerar även som värmeavledare för värmealstrande komponenter.

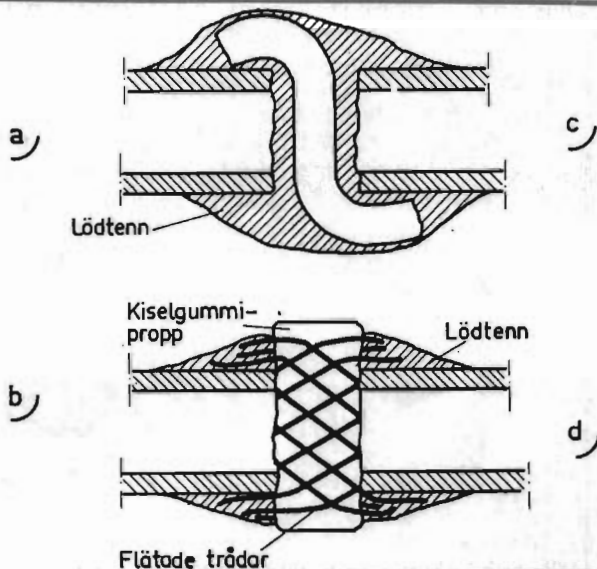
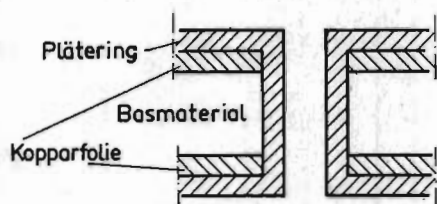
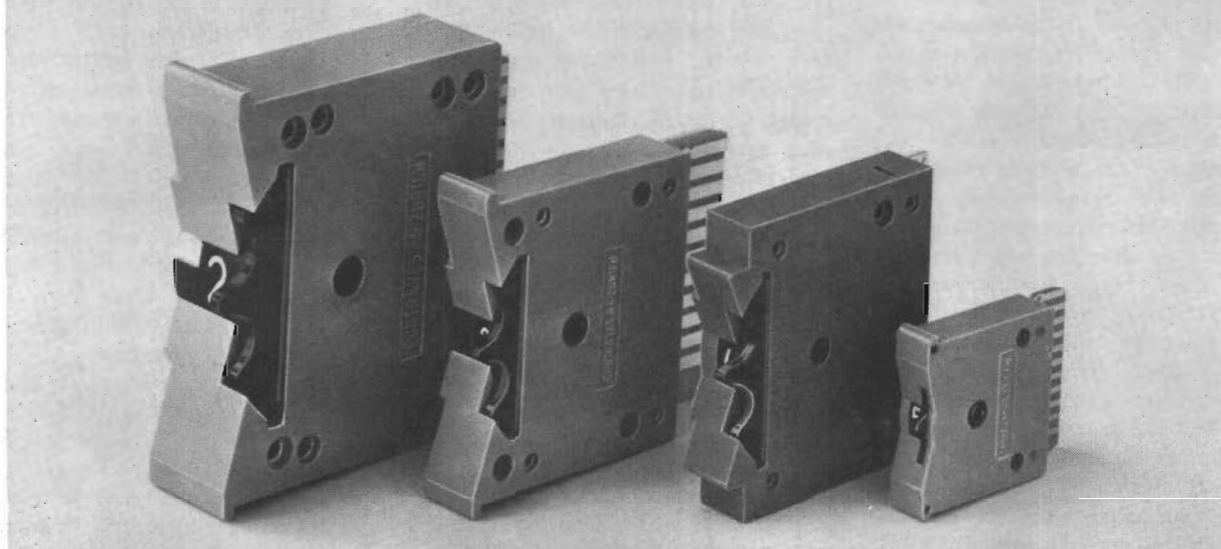


Fig 1. Tvärsnitt genom vissa genomförbindningar. Observera hur resultatet kan bero på hålets ytjämnhet. a) genompläterat hål – perfekt utförande; b) genompläterat hål – dåligt utförande. c) böjd trådförbindning. d) C-R-förbindning; proppen hindrar lödtennet från att tränga ned i hålet.

MULTISWITCH

förvalsomkopplare har brett register

MULTISWITCH förvalsomkopplare för digital inmatning av talvärden för styrningar och regleringar finns i fyra olika utföranden.

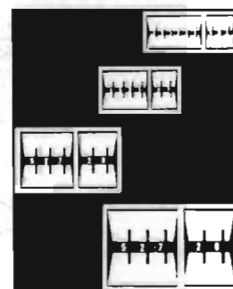
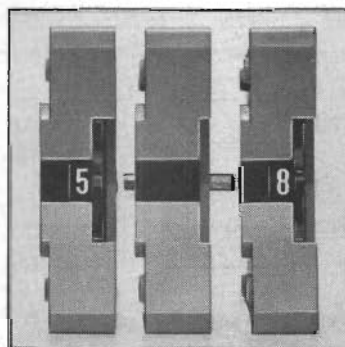


MULTISWITCH Tumhjulskomkopplare

- är lättarbetad
- kräver väsentligt mindre utrymme än motsvarande kombinationer av konventionella stegomkopplare
- kan kombineras till block i obegränsat antal
- ger lätt avläsbar talbild med ingjutna siffror
- finns enpolig med 10 eller 11 kopplingslägen eller tvåpolig med 2 eller 5 kopplingslägen samt binärkoppling
- kan plug-in-anslutas
- har många andra tekniska finesser (se nedan bl. a.) som Ni kan få veta mera om genom att begära närmare upplysningar och prospekt!

MULTISWITCH förvalsomkopplare kan kombineras med tioöverföringselement!

Detta mekaniska överföringselement kopplas mellan två tiolägesomkopplare. Vid omkoppling från läge 9 till 0 kommer den närmast högre dekadern att automatiskt vidarekopplas ett läge. Högst fyra omkopplare med tre mellanliggande tioöverföringselement kan sammanbyggas.

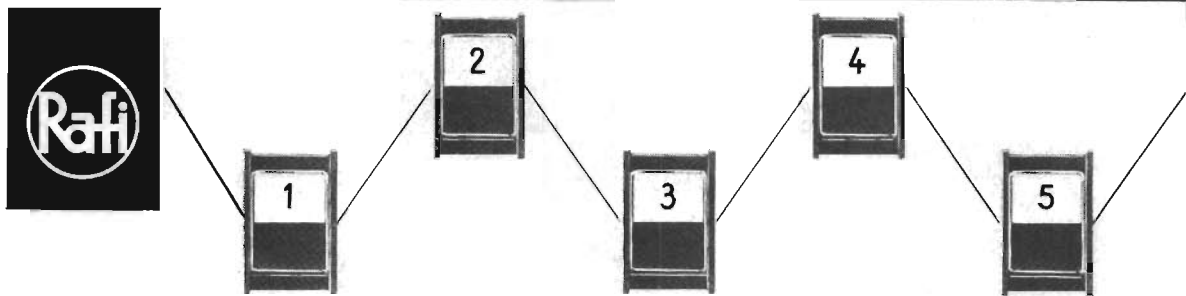


Rekvirera broschyren om "MULTISWITCH"



NORDISKA INSTRUMENT

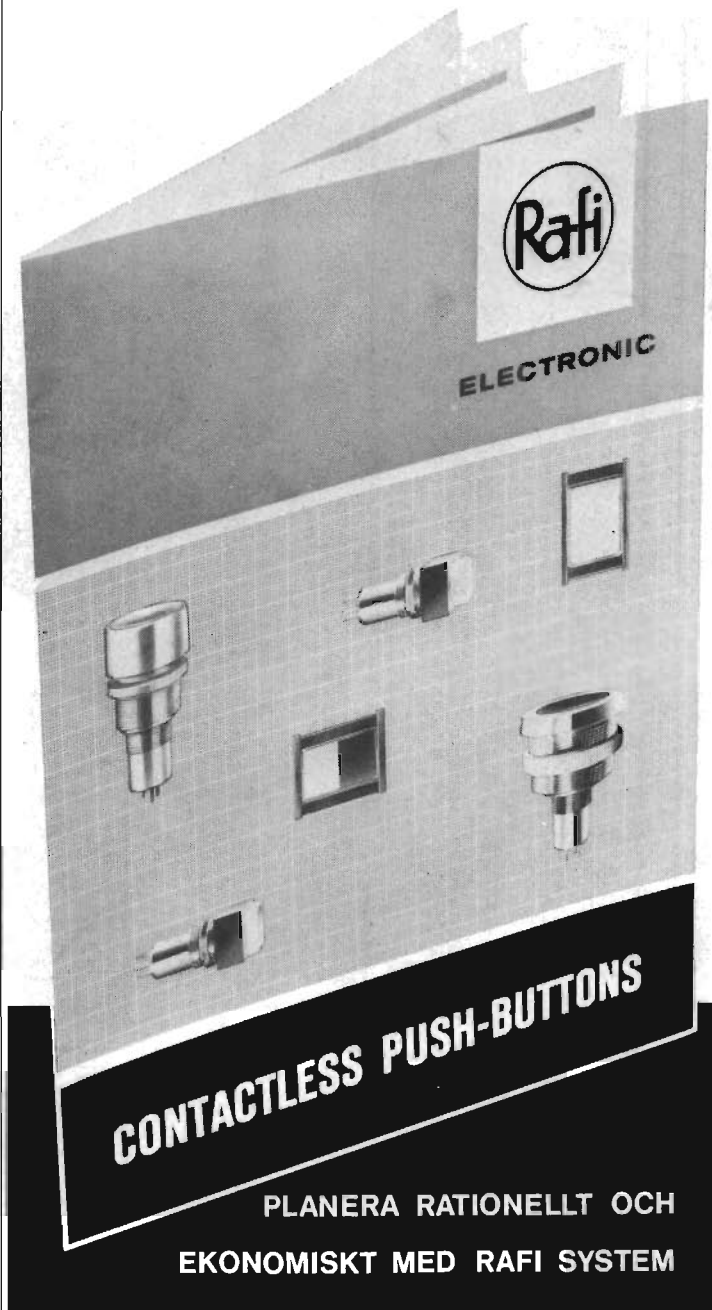
WIBOM & SON KB, Riddargatan 16, 114 51 Stockholm Ö, Tel. 08/24 92 90



Exempel på elektroniskt kopplad tryckknapputrustning

KONTAKTLÖS TRYCKKNAPP

- Studsfri kontaktgivning
- Konstant övergångsmotstånd vid kontaktelementen
- Kontaktsystemet är oberoende av matningsspänningen
- Inga resonansfrekvenser
- Okänslig mot vibrationer och yttre påverkan
- Elegant design
- Stort antal utförandetyper



Från **Elektriska Instrument AB ELIT**
Lövåsvägen 40-42, 161 12 Bromma

JA sänd mig utförlig broschyr på
RAFI kontaktlösa tryckknappar

Företag

Kontaktman Tel.

Adress

Postnummer Postadr.

ÅB 2-69

ELEKTRISKA INSTRUMENT AB



Kontor Göteborg:
Jungmansgatan 28, Box 11026, 400 30 Göteborg 11. Tel. 031/42 33 00

LÖVÅSVÄGEN 40-42, FACK 1237
161 12 BROMMA Tel. 08/26 27 20



AKTUELLT

FIRMA JOHAN LAGERCRANTZ KB GÅRDSVÄGEN 10 B, SOLNA TELEFON 08/83 07 90



AMPHENOL KONTAKTDON för höga krav

48-serien för krävande applikationer 2 st MIL-spec., dels MIL-C-26500 och dels MIL-C-38300. Polantal 2-61 för max. 1500 V rms och upp till 41 A. Temperaturområde -55°C – $+200^{\circ}\text{C}$ kontinuerligt, men upp till $+425^{\circ}\text{C}$ i kortare intervaller. Bajonett- eller gängfattning.

62-serien, även denna enligt 2 St. spec. tillverkning enligt den engelska DEF 5325 – och den amerikanska MIL-C-26482. Passar till och motsvarar andra fabrikat med beteckningar såsom NPT, PT, EM, LPT, 8-51-XXR m.fl. Samma antal poler som 48-serien. 2-68. Temperaturområde -55°C – $+125^{\circ}\text{C}$. Bajonettfattning.

67-serien, en föregångare till den utveckling som kommit inom denna art av kontaktdon. Pålitlig, stark och tålig, tilltalande design. Lämplig för såväl militärt som civilt bruk. Har levererats i enorma kvantiteter. MIL-C-5015. Polantal 3-48, bajonettfattning.

ASTRO/348, subminiatur "Jätten" inom gruppen 85-polig inom 37 mm $\varnothing$ och med 600 V rms på 2 mils höjd. Finns även i 1-, 4-, 12-, 37- och 55-poligt utförande. Kan erhållas hermetiskt, tål chocker upp till 100 g. Temperaturområde -55°C – $+150^{\circ}\text{C}$. En kontakt för morgondagens krav MIL-C-81511.

KLIPP HÄR OCH SÄND IN KUPONGEN TILL

JOHAN LAGERCRANTZ KB
BOX 314, 171 03 SOLNA 3. Tel. 08/830790

Sänd katalog på

- ☐ 48-SERIEN
- ☐ 62-SERIEN
- ☐ 67-SERIEN
- ☐ ASTRO/348-SERIEN

Kontakta mig per telefon (

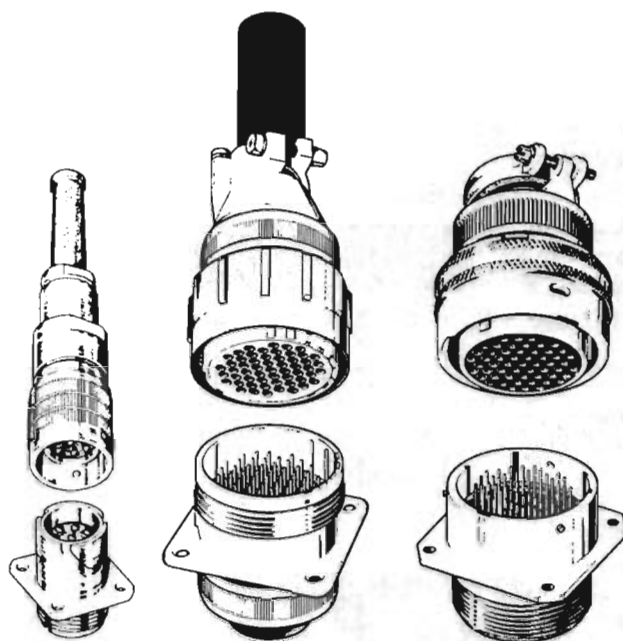
Institution
Firma
Namn
Postadress
Postnr
Telefon

Å Bö 2 -69

JOHAN LAGERCRANTZ KB

försvaret kräver alltid det bästa

det gör väl ni också?



SÄRNMARMS KONTAKTDON

Försvaret är vår störste köpare av Särnmarks kontaktdon. Det tycker vi är ett bra bevis på kontaktdonens kvalitet och tillförlitlighet. För det är ingen hemlighet att armén, marinen och flyget ställer mycket höga krav på grejor, som de ska använda.

Serie 210. Runt miniatyrkontaktdon försett med snabbkoppling av bajonettyp. Kontaktelementen av berylliumkoppar är nickel- och guldpläterade.

Uppfyller kraven enligt NAS 1599.

Serie 250. Snabbkoppling. Kontakterna är nickel- och guldpläterade och har sfäriska kontaktytor som är självrensande. Uppfyller miljöfordringar enligt FSD A4707:1 klass M 2, temp. omr. -40°C — $+85^{\circ}\text{C}$.

Garanterat tätt vid 2 m vp. Donet är 8-pol. och väl lämpat bl. a. för signalkretsar inom telefoni.

Serie 335. Ett runt kontaktdon, som är en vidareutveckling av US/Ultra. Används i komplicerade militära konstruktioner. Polantal: 3–55. Kontakterna är silver och guldpläterade samt kläm- och lödbara.

Temp. omr. -55°C — $+150^{\circ}\text{C}$. Omställbart i fem lägen.

Begär våra specialbroschyrer!

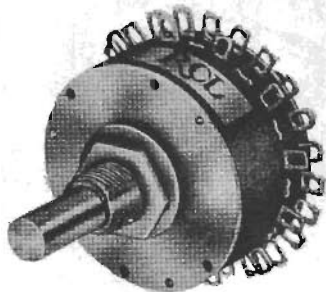


MARIEHOLMS BRUK

330 34 Marieholmsbruk

Tel. 0370/930 70

...apropå **OMKOPPLARE**



**Ø 35 mm 24 lägen
12 poler
upp till 9 däck**

Brytförmåga:

2A – 115 V växel, res. bel.
1A – 28 V likström, res. bel.
0,5A – 28 V likström, ind. bel.

För alla typer gäller:

Livslängd: 200 000 operationer

Kontakresistans: 10 m Ω max initial

RCL omkopplare används i
Sverige för såväl industriella
som militära tillämpningar.

Generalagent för Skandinavien:



AB ELEKTROUTENSILIER

180 20 Åkers Runö - 0764/201 10 - Telex 109 12

"tänk in"

RCL

ELECTRONICS INC



**Ø 15,5 mm 12 lägen
6 poler upp till 9 däck**

0,25 A – 115 V växel res. bel.
0,25 A – 28 V likström res. bel.
utf. för montering på tryckt krets.

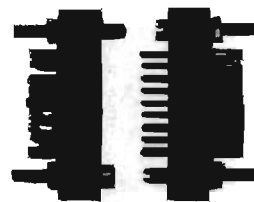
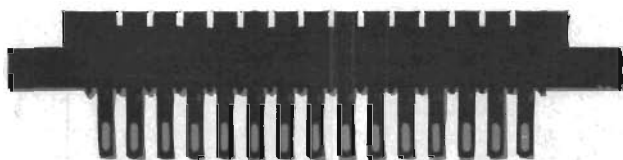
**ULTRA ELECTRONICS (COMPONENTS) Ltd.
ENGLAND**

UECL

**CONTINENTAL CONNECTOR CORPORATION
U.S.A.**



ANSLUTNINGSDON

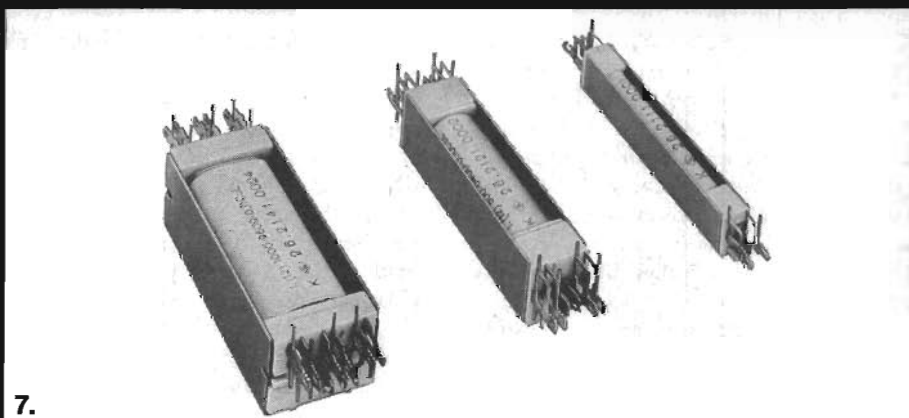
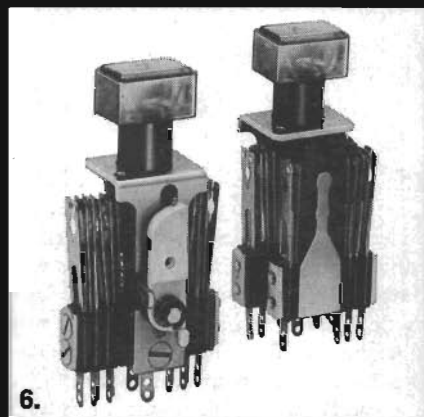
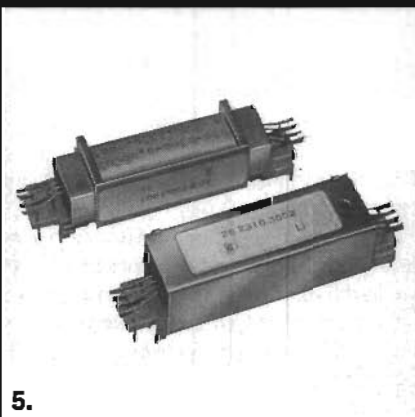
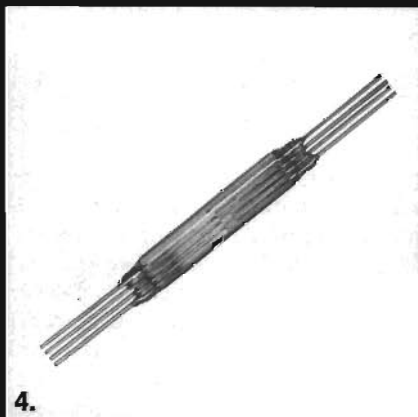
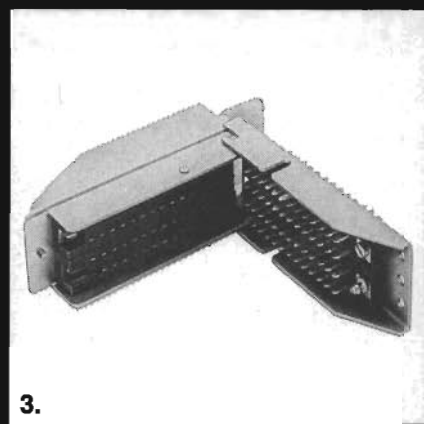
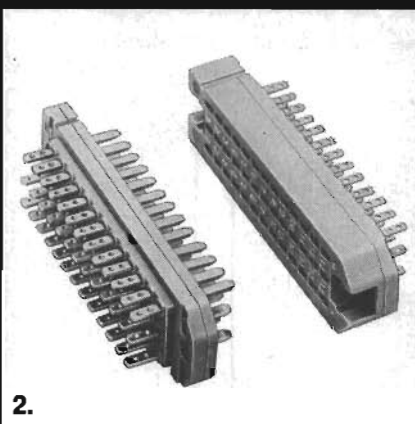


ULTRA ELECTRONICS SWEDEN AB

Telefon 11 82 66/67

Sveavägen 35/37 111 34 Stockholm

Telex 171 54



1. FRK-tungelement, (flat-reed)
1-pol Slutning och 1-pol växling.
2. Anslutningsdon.
3. Anslutningsdon 20—104-pol.,
användbara även för
programmering.
4. MRK-tungelement, (multi-reed)
4-pol. slutning.
5. MRK-tungreläer för TL-kort.
6. Tryckknappsystem.
7. FRK-tungreläer för TL-kort.

Ett komponentprogram för kvalificerad teknik.

Vi presenterar ett komponentprogram från Telefonbau und Normalzeit (TN)*, en av Europas ledande telefonfabriker.

TN har under de senaste decennierna stått i förgrunden när det gäller utvecklingen av elektromekaniska komponenter för telefoni- och datatekniken. Exempel härpå är avancerade former av tung-reläer.

Denna annons visar endast en del av TN:s komponentprogram. Vi sänder på begäran detaljerade informationer och katalogunderlag på programmet i sin helhet.

*Telefonbau und Normalzeit tillhör, med sina 15.000 anställda, Väst-Tysklands 100 största företag. På deras försäljningsprogram står telefonväxlar, telefonapparater, elektriska ur, fjärrkontroll- och fjärrmätutrustningar samt databehandlingssystem.

Generalagent för Sverige är Ingeniörsfirman O. T. AXLUND.

INGENIÖRSFIRMAN
O.T.AXLUND

Fack, 162 10 Vällingby 1, tel. 08/38 00 40. Telex 19064

Halvledarkomponenter

□ □ Inga andra komponenter har haft en så extrem utveckling på så kort tid som halvledarkomponenterna. Innebörden av denna utveckling är inte bara att nya typer framkommit utan även att tillförlitligheten hos de äldre typerna förbättrats avsevärt. Eftersom allt flera halvledare används i olika slags utrustningar är det väsentligt att de används på ett sådant sätt att felintensiteten reduceras så mycket som möjligt.

KAPSLING

En av förutsättningarna för att halvledare skall få hög tillförlitlighet är att det aktiva elementet är tillräckligt väl skyddat mot fukt och föroreningar. Även om själva kristallen är försedd med ett skyddsskikt, som fallet är för komponenter, tillverkade i planarteknik, är det ändå viktigt att kapslingen är fullgod. Tidigare användes ofta glaskapslar, eftersom glaskapsling var den teknik man bäst behärskade. Nackdelarna med glaskapslar är bl a den höga kapslingstemperaturen under tillverkningen och den dåliga värmeavledningen från kristallen när komponenten är i drift. Metallkapslar med små glasgenomföringar används numera nästan genomgående. Metallkapsling ger mycket hög täthets- och renhetsgrad och underlättar värmeavledning från kristallen, eftersom denna oftast löds direkt till kapselns bottenplatta. Vissa problem kan dock uppstå till följd av korrosion av tilledarna, vilka därför bör vara förtenta och inte förgyllda.

De försök som gjorts med plastkapslar är huvudsakligen ekonomiskt betingade. Plastkapslar i de tidigaste utförandena har visat sig vara opålitliga, medan de som senare tillverkats ger bättre resultat. För alla kapslingsmaterial gäller att de inte får tillföra föroreningar eller reagera med kristallen. Det befintliga tillförlitlighetsunderlaget för normala tillämpningar tyder på att plastingjutna halvledare är acceptabla men att de inte bör användas i extrema miljöer

eller där atmosfäriska föroreningar förekommer.

De flesta tillverkare använder avancerade metoder för att kontrollera tätheten. Användaren brukar kontrollera tätheten vid typprovning genom en temperaturcykling efterföljd av ett cykliskt fuktprov eller ett övertrycksprov.

OLIKA TYPER AV FEL

De flesta främmande ämnen är mycket skadliga för halvledare. Fukt fungerar som en katalysator och dessutom som bärare för andra ämnen. Föroreningar påverkar i första hand ytan men tränger efter en tid även in i själva kristallen. Föroreningarnas koncentration på ytan är proportionell mot de termiska eller elektriska påkänningarna, och koncentrationen är reversibel så länge att föroreningarna inte bildar stabila föreningar eller diffunderar in i kristallen.

Reaktioner med föroreningar, vatten eller syre samt jonvandring sker även vid konstant temperatur. Vatten eller syre adsorberas eller desorberas vid temperaturförändringar. Dessa ytförändringar minskar strömförstärkningen hos transistorer och ökar läckströmmar i allmänhet. Jonvandring, speciellt av metalljoner, kan delvis överbrygga övergången och leda till en minskning av genombrottsspänningarna. Vatten till följd av N-invertering minskar genombrottsspänningen hos PNP-transistorer men ger upphov till ökade och ostabila läckströmmar hos NPN-transistorer. Syre och klorjoner fungerar som om de vore negativt laddade (P-invertering) och deras inverkan på PNP-transistorer är därför motsatt den inverkan de har på NPN-transistorer.

Diffusion av föroreningar in i kristallens massa ger upphov till en permanent minskning av strömförstärkningen och penetrationsspänningen. Metalljoner ger ofta ett mjukt knä i diodkaraktistiken, som ofta blir spänningsberoende. Mekaniska av-

brott kan bero på dålig svetsning eller på sådana förändringar i metallen som ökar sprödheten, men i allmänhet beror de på fel eller slarv vid tillverkningen. Främmande partiklar i kapseln kan orsaka kortslutningar. Varsam inlödning skadar inte halvledare i allmänhet, men man måste iakttä stor försiktighet vid inlödning av punkt- och »gold-bonded»-dioder (germanium) för att undvika ökade läckströmmar.

ANKOMSTKONTROLL

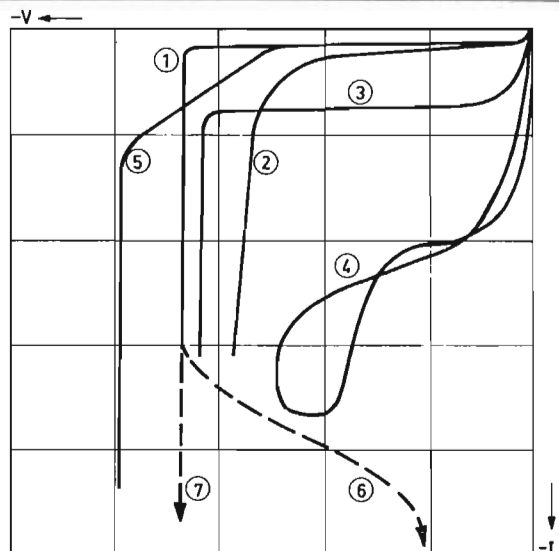
Där hög tillförlitlighet är ett villkor är ankomstkontroll av halvledare nödvändig, och i de flesta fall är även allkontroll lönsam. Den tid som förflyter mellan provningen hos tillverkaren och själva leveransen är ofta tillräcklig för att svaga individer skall ge sig tillkänna. Allkontroll i kombination med några specialprov kan höja tillförlitligheten påtagligt, eftersom sådan provning inte endast går ut på att avlägsna de vid mättiden felaktiga komponenterna utan även sådana felfria komponenter som skulle komma att ha en kortare livslängd än normalt.

Kontrollen bör avse dels de parametrar som är väsentliga för den aktuella tillämpningen, dels ett oscillografiskt studium av karaktistiken och dels – i kvalificerade tillämpningar – ett åldringsprov vid max tillåten temperatur.

Parametermätningarna kan ofta förenklas genom att de kombineras med den oscillografiska kontrollen och genom att man tar hänsyn till de erfarenheter man har av en viss komponenttyp och ett visst fabrikat. För parametrar som visat mycket låg felintensitet kan det räcka med stickprov. Felmönstret är ofta konsekvent och entydigt för en viss komponenttyp och ett visst tillverkningsställe och kan bl a ge värdefull information om eventuella produktionsändringar, fabriksförflyttningar osv.

Oscillografisk kontroll är nästan en vetenskap i sig själv. Principen är emellertid att sådana halvledare, vilkas karaktistik

Fig 1. Olika spärrkaraktärer hos dioder eller transistorelektroddar. 1) hårt knä, normal för kisel; 2) mjukt knä, normal för germanium, ofta tecken på jondiffusion hos kisel; 3) »channelling», ofta ytfenomen hos kisel; 4) dubbelhysteres — fuktrinräkning; 5) ytförorening, ofta mycket temperaturkänslig; 6) sekundärt genombrott; 7) »controlled avalanche» karakteristik; 6) och 7) brukar inträffa vid betydligt högre strömmar än som framgår av strömskalan.



visar påtagligt fladder eller instabilitet, skall underkännas. Även betydande onormaliteter inom halvledarens tilltänkta arbetsområde är en indikation på att tillförlitligheten kommer att vara lägre än normalt. Se fig 1.

Ett åldringsprov vid förhöjd temperatur och vid ca 80 % spärrspänning är mycket värdefullt. Det avslöjar individer som kommer att påverkas av föroreningar eller joner.

Vid en ankomstkontroll av ovanstående slag erhåller man typiska felkvoter enligt följande:

Selendioder	0,5– 1,5 %
Germaniumdioder	0,5– 2 %
Kiseldioder	0,2– 3 %
Germanium-PNP-transistorer	2 –10 %
Germanium-NPN-transistorer	5 –11 %
Kisel-PNP-transistorer	5 –10 %
Kisel-NPN-transistorer	0,5– 4 %
Monolitiska integrerade kretsar	0,5–25 %

Dessa siffror bör ses i relation till felkvoter hos passiva komponenter, som i genomsnitt ligger vid någon promille.

Av siffrorna kan man också dra den slutsatsen att det vid bedömning av felintensitetsuppgifter är mycket viktigt att veta om det aktuella partiet har underkastats gallring eller inbränning innan det redovisade provet startats.

Man kan ställa som grov regel att ca 50 % av de vid ankomstkontrollen utsorterade halvledarna skulle gett upphov till fel under drift vid maximala data. Vid lägre driftpåkänningar blir antalet fel lägre, dock inte proportionellt, eftersom vissa felaktigheter framträder även vid ringa påkänningar. Som regel är inverkan av spänning och temperatur i nämnd ordning den faktor som lättast »knäcker» svaga eller onormala individer.

De vid ankomstkontrollen utgallrade individer kan utgöra basis för en »rationaliserad» långtidsprovning genom att utfallet hos dessa individer blir betydligt högre än det hos det ursprungliga partiet. De utgör också en kontroll på själva ankomstkontrollens effektivitet.

TILLFÖRLITLIGHETSDATA FÖR HALVLEDARE

Det har tidigare varit vanligt att förknippa en halvledares tillförlitlighet med skikttemperaturen. Driftspänningen har däremot ansetts vara av mindre betydelse så länge som den ligger under genombrottsspänningen. Mycket höga (eller mycket låga) temperaturer påverkar felintensiteten kraftigt, men inom det enligt databladet tillåtna temperaturområdet för materialet i fråga är temperaturens inverkan relativt liten för de komponenter som tillverkas nu för tiden. I praktiken har man en dold säkerhetsmarginal, beroende på att den termiska resistansen, som anges i tillverkarens »de-rating-kurva», ofta är 30–50 % högre än vad den är i verkligheten. Skikttemperaturen är därför lägre än beräknat.

Tillverkarna har under årens lopp eliminerat många av de feltyper som tidigare var temperaturberoende. Resultatet har blivit att de flesta av de feltyper som återstår är spänningsberoende. Många tillverkare utför provningar vid spänningar som för transistorer är endast 10–20 % av maximala värden och för dioder endast någon procent, dvs endast ett framströmsprov.

De multiplikationsfaktorer för temperatur- respektive spänningspåkänningar som anges i fig 5 och 6, är baserade på ett hundratal undersökningar med minst en halv miljon komponenttimmar var. Även om den absoluta felintensiteten för olika halvledarkonstruktioner varierar betydligt är det relativa temperatur- eller spänningsberoendet mycket lika för ett givet material. Multiplikationsfaktorn för den norma-

liserade spänningen för transistorer gäller egentligen endast för märkspänningar $U_{CB} = 30\text{--}40\text{ V}$. Det visar sig att felintensitetens spänningsberoende kraftigt påverkas av absoluta värdet av U_{CB} , speciellt hos kiseltransistorer. Anmärkningsvärt är att beroendet ökar med minskande U_{CB} märk; tex i ett extremt fall är förhållandet mellan felintensitet vid drift vid $U_{CB\text{ max}}$ och felintensitet vid drift vid $0,5 \cdot U_{CB\text{ max}}$ 15 för en 60 V transistor men 300 för en 20 V transistor.

TRANSISTORER

Under de senaste åren har kiseltransistorer fått allt större användning på bekostnad av germaniumtransistorer. Kiseltransistorernas fördelar är deras mycket små, ofta försumbara läckströmmar, högre arbetstemperatur och högre parameterstabilitet. Trots att priset på kiseltransistorer har sjunkit kraftigt är dessa fortfarande något dyrare än germaniumtransistorer. Germaniumtransistorer har vissa fördelar vad basrestspänning och högfrekvensegenskaper beträffar. Germanium lämpar sig bäst för framställning av PNP-typer, medan kisel är bäst för NPN-typer.

Transistorns elektriska egenskaper kan i praktiken beskrivas endast genom ett stort antal olika parametrar, av vilka många är temperatur- och spänningsberoende. Ett typiskt exempel på detta är kollektorläckströmmen I_{CB0} , vars temperaturkoefficient är 7–9 % per °C för germanium- och 5–6 % per °C för kiseltransistorer; I_{CB0} minskar med ökande temperatur. Den är också spänningsberoende och ökar ca 50 gånger för germanium och 10 gånger för kisel när spänningen ökas från någon volt till den maximala. Hos germaniumtransistorer är spänningsberoendet markant vid låga temperaturer men försumbart vid höga. Hos kiseltransistorer är spänningsberoendet påtagligt vid alla temperaturer.

Genombrottsspänningen har en positiv temperaturkoefficient. Denna varierar från

0,01 % för nominella genombrottspänningar upp till 5 V till 0,1 % för spänningar över 80 V.

Strömförstärkningen är också temperaturoberoende. För små germaniumtransistorer är likströmsförstärkningens temperaturkoefficient ca 0,8 % per °C vid den kollektorström där h_{FE} är max; den avtar med ökande kollektorström för att bli svagt negativ ungefär vid max kollektorström. Hos kiseltransistorer beter den sig på samma sätt, men maximivärdet är ca +0,3 % per °C och kan vara -0,1 % vid max kollektorström. Hos effekttransistorer av germanium är temperaturkoefficienten ca -0,2 % per °C för alla kollektorströmmar över den som svarar mot max h_{FE} . För växelströmsförstärkning är temperaturkoefficienten ungefär hälften av motsvarande värden för likströmsförstärkning.

Hos alla transistorer tenderar genombrottspänningen att minska med tiden - hos många dock mycket sakta. Degradationstakten ökar med ökande spänning över transistorn (speciellt kollektor-bas). Analogt med detta ökar felintensiteten med ökad driftspänning; den är mera utpräglad hos kiseltransistorer än hos germaniumtransistorer. Något bevis för att transistorer med hög begynnelse-genombrottspänning skulle försämrats fortare än genomsnittsinviden föreligger inte. Därför är det ur tillförlitlighetssynpunkt fördelaktigt med höga begynnelsepänningar på grund av den extra säkerhetsmarginal detta ger. Å andra sidan finns visst fog för påståendet, att individer med lägre spänning än medelspänning försämrats fortare. Transistorer med låga U_{CER} -värden försämrats i allmänhet betydligt fortare. Detta gäller även exemplar som är helt normala i övrigt. Mätning av U_{CER} visar en bra korrelation med dynamisk provning av $I_C U_C$ -karakteristiken, speciellt hos större switchtransistorer.

Transienter som är ofarliga med avseende på energinnehållet kan skada transistorer genom att initiera sekundärt genombrott, eftersom driftspänningen ofta är tillräckligt hög för att transistorn sedan skall bli förstörd. Man kan gardera sig mot detta genom att parallellt med transistorn koppla en zenerdiod, vars märkspänning ligger över transistorns driftspänning, men under dess genombrottspänning (helst under $U_{(BR)CE0}$). Transistorer i allmänhet är mycket strömtåliga men effekttransistorer kan skadas av mycket korta pulser om spänningen inte reduceras. Detta gäller även i de fall där pulsenergin underskrider den tillåtna. Vid hantering och montering av transistorer bör faran för statiska urladdningar uppmärksammas. Olyckor av detta slag brukar kännetecknas av en markant nedgång hos transistorns strömförstärkning.

FÄLTEFFEKTTRANSISTORER

Nästan alla fälteffekttransistorer (FET) är av kisel (med hänsyn till läckström) och ca 80 % av dem som är i produktion är av N-kanaltyp, dvs deras polaritet är densamma som hos en NPN-transistor.

FET har en mycket låg brusnivå inom frekvensområdet 10^2 - 10^8 Hz och mycket hög ingångsimpedans. Den senare kan dock vålla svårigheter med förspänningar och kan - på grund av Miller-effekt - vara svår att utnyttja vid högre frekvenser. FET har en nästan perfekt kvadratisk överföringskarakteristik. Brantheten har en negativ temperaturkoefficient (0,5-0,6 % per °C), som är tämligen linjär över området -55 till +100 °C. Läckströmmarna liknar dem för kiseltransistorer.

Svårigheterna med fälteffekttransistorer i praktiskt bruk beror på den stora variationen i data från individ till individ och på att dessa transistorer lätt förstörs av statiska laddningar eller små läckströmmar under hantering och montering.

Felmekanismen och därmed även felintensiteten hos FET kan väntas bli densamma som för vanliga transistorer. Det finns dock ett par väsentliga olikheter. På grund av de höga ingångsimpedanserna är FET mycket känsliga för läckströmsökningar och de är därför mera utsatta för ytfenomen på kristallen. Vid drift i framriktningen är styrströmmen koncentrerad till kristallens emitterända, vilket kan ge upphov till ökad felintensitet. Brantheten tenderar att minska med drifttiden.

Oxidiserade IGFET (MOS-transistorer) dvs fälteffekttransistorer med isolerande skikt av oxid mellan styre och strömkanal, är fortfarande under utveckling. De har än så länge dålig likspänningsstabilitet, speciellt med påkopplade styrsänningar. Det är möjligt att man kan lösa stabilitetsproblemen genom att ersätta kiseldioxid med kiselnitrid, men det förefaller som om kiselnitrid skulle kunna ge upphov till nya problem.

UNIUNCTION-TRANSISTORER

Unijunction-transistorn, eller dubbelbasdioden, utvecklades som pulsgenerator för tyristorstyrning. Den har ett N-ledande basområde av kisel med två basanslutningar och en P-ledande emitter. Resistansen mellan de två baserna är ohmsk och har ett typiskt värde av 5-10 kohm, med en linjär positiv temperaturkoefficient 0,8 % per °C. Emittern upptar en spänning, n , som står i konstant proportion till spänningen mellan baserna, ofta mellan 0,5 och 0,8 av denna. När emitterspänningen överskrider ett visst kritiskt värde ökar emitterströmmen regenerativt. Resultatet blir att strömmen kan ändra sig mycket snabbt mellan ett lågt (10 μ A) eller ett

høgt (50 mA) värde, beroende på värdet hos emitterspänningen. Emitterspänningens kritiska värde har en negativ temperaturkoefficient -2 mV/°C och mycket god temperaturkompensering är möjlig, teoretiskt sett.

Unijunction-transistorer har god tillförlitlighet när det gäller risken för plötsliga totalfel. Intensiteten för degradationsfel ökar kraftigt vid större belastningar. Detta gäller huvudsakligen »intrinsic stand-off-ratio», η , som innebär att de väldefinierade egenskaperna hos den kritiska emitterspänningen inte kan utnyttjas. Man bör räkna med skenbara ändringar i den kritiska emitterspänningen av ca 10 %.

DIODER

De principiella skillnaderna mellan kisel och germanium gäller även när dessa material används i dioder. För småsignaländamål används båda typerna. Kiseldioder har - liksom kiseltransistorer - lägre läckströmmar och högre arbetstemperatur. Germaniumdioder har emellertid ett lägre framspänningsfall - ca 0,4 volt vid normala strömstyrkor, mot 1 volt för kiseldioder. Punktdioder av germanium har även lägre kapacitans. Hos dioder är kapacitansen i spärriktningen spänningsberoende och speciella varianter av kiseldioder utnyttjar denna egenskap. För dioder avsedda för större effekter är det mera ekonomiskt att utnyttja den högre arbetstemperatur som kisel tillåter. Därför används numera sällan germaniumdioder för större effekter. Framspänningsfallet har en linjär och negativ temperaturkoefficient som varierar från -0,1 % per °C för dioder för större effekter till -0,3 % per °C för småsignaltyperna.

Skiktdioder av germanium har en temperaturkoefficient av -0,4 % per °C medan de övriga har -0,15 till +0,25 % per °C, beroende på konstruktionen. Läckströmmarna beter sig som hos motsvarande transistortyper.

Kristalltemperaturen i en diod påverkas av fram- och backströmmar samt av dynamiska förluster vid likriktardrift. De senare beror på den tidsfördröjning som uppstår i skiktet när polariteten ändras. Vid frekvenser över några kHz och för dioder för större effekter är det i praktiken endast förlusterna vid övergång från led- till spärriktning som är av betydelse. På grund av läckströmmens temperaturoberoende är det viktigt att värmeavledningen är tillfredsställande.

Ett överskridande av genombrottspänningen i spärriktningen brukar leda till en form av sekundärt genombrott som kan ge katastrofala resultat om strömmen inte är begränsad. För dioder som skall användas för kvalificerade ändamål bör spänningen

toppvärde (inklusive transienter) inte överskrida 40 % av genombrottsspänningen. Diodernas genombrottsspänning tenderar att sjunka med tiden och denna försämring påskyndas av driftspänningen. Vissa dioder, s.k. controlled-avalanche-dioder, har en spärrkaraktäristik som alltid visar högre spänningar vid ökande ström och därmed saknar andra genombrottsfenomen. Trots detta bör man inte lägga driftspänningen närmare genombrottsspänningen än 40 % utan snarare betrakta dessa egenskaper som ett extra skydd mot transienter. Under vissa omständigheter kan de uppföra sig som vanliga dioder. Fel kan uppstå i framriktningen om värmeresistansen ökar till följd av dålig lödning och skikttemperaturer därmed höjs. Detta kan även bidra till fel i spärrriktningen.

Parallellkoppling av dioder orsakar ojämn fördelning av belastningen och om tillförlitligheten därvid skall kunna bibehållas krävs besvärliga åtgärder. Dessa leder bl.a. till en minskning av arbetsknoten.

Seriekoppling är tillfredsställande om varje diod är parallellkopplad med ett motstånd, som under spärrtiden drar en större ström än diodens läckström i drifttillstånd. Små kondensatorer (några nF) bör parallellkopplas med diodkedjan för att transienterna skall bli jämnt fördelade.

Vid likriktardrift med kapacitiv belastning är det nödvändigt att ha tillräcklig impedans i matningskretsen för att strömtopparna skall hindras från att överskrida tillåten toppström (»surge») för dioden. Tidkonstanten får inte överskrida den för dioden tillåtna.

Zenerdioden är en speciell variant av kisel-dioden, hos vilken genombrottsspänningen är noggrant bestämd genom resistiviteten hos kiselmaterialiet. Zenerspänningen är relativt konstant över ett tämligen stort »läckströmsområde». Temperaturkoefficienten är negativ ($-0,15\%$ per $^{\circ}\text{C}$) vid låga zenerspänningar, noll vid ca 5 V och positiv för högre spänningar – max $0,1\%$ per $^{\circ}\text{C}$. Koefficienten är inte helt linjär och är strömberoende. Man kan dock kompensera detta genom att kombinera en negativ koefficient hos en zenerspänning med den positiva koefficienten hos en kisel-diods framspänningskaraktäristik.

Spänningsstabiliteten tenderar att vara bäst vid 5–6 V och kan vara av samma storleksordning som hos standardceller. Även vid detta spänningsområde är den dynamiska impedansen ett minimum. Ur stabilitets- och impedanssynpunkt kan det löna sig att erhålla högre spänningar genom att man seriekopplar 6 V enheter. Eftersom zenerspänningen är beroende av många variabler, som även är inbördes beroende, är det synnerligen komplicerat att uppnå mycket hög spänningsstabilitet. Det

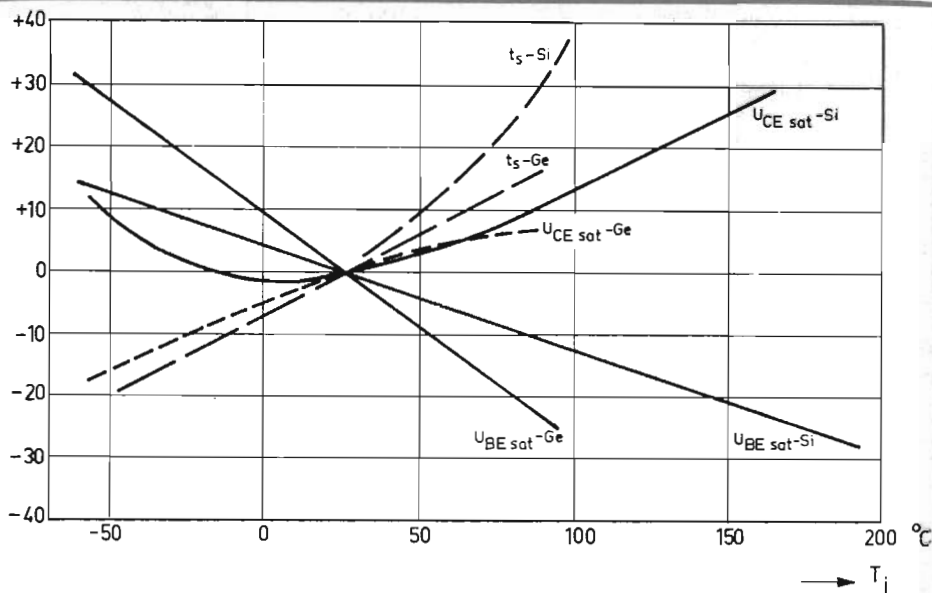


Fig 2. Typiska temperaturberoenden hos vissa transistorparametrar.

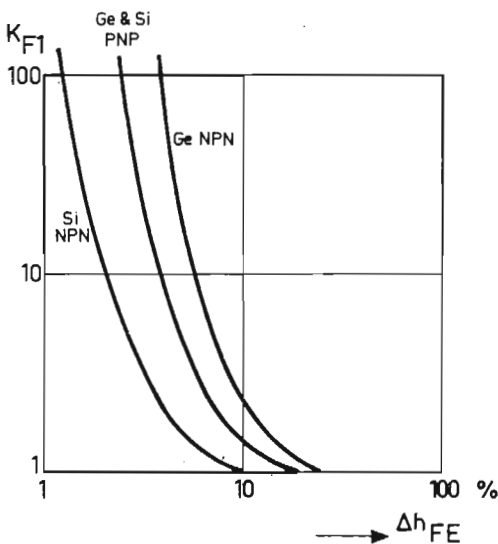


Fig 3. Multiplikationsfaktorn K_{FI} som funktion av definition av fel Δh_{FE} .

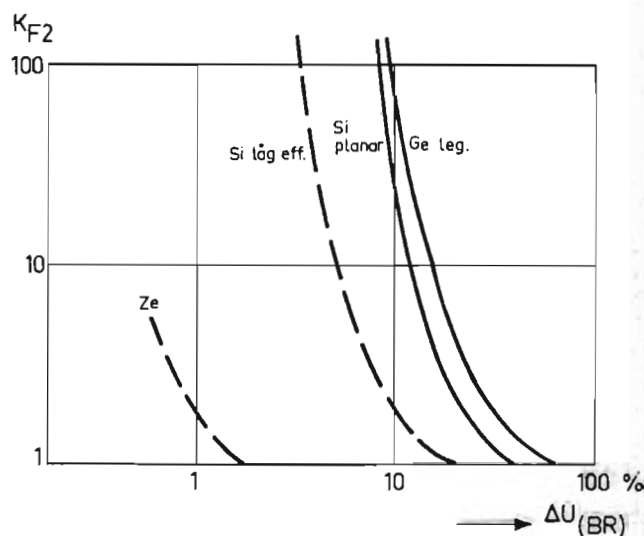
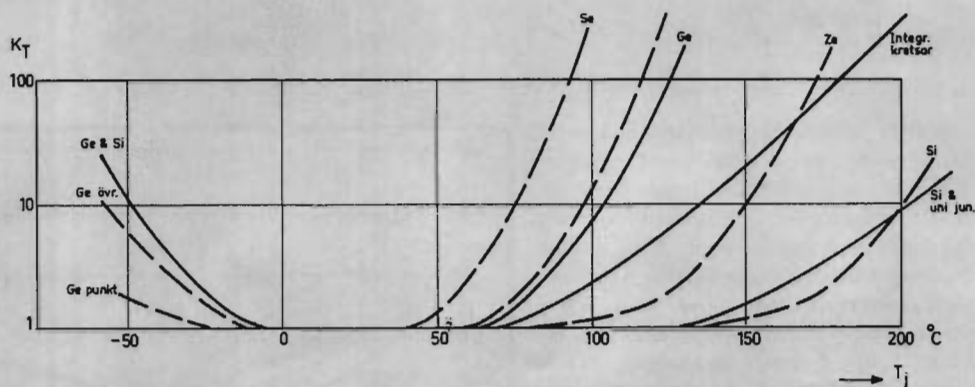


Fig 4. Multiplikationsfaktorn K_{pB} som funktion av definition av fel $\Delta U_{(BR)}$; heldragna linjer = transistorer, streckade linjer = dioder.

Fig 5. Multiplikationsfaktorn K_T som funktion av skikttemperaturen T_j för halvledare; för transistorer heldragna linjer, för dioder streckade linjer.



Tab 1. Halvledare — allmän översikt

Halvledare	Typ	Max T_j °C	Ström- område (A)	Spännings- område (V)	Max frekv (MHz)	Max förstärkn (ggr)	Typiska ändringar under 10 000 h vid full belastning		
							Förstärkn (%)	Läckström (%)	Genombrotts- spänning (%)
Transistor	Ge PNP, lågeffekt-	100	0,01—0,8	20—110	2000	500	+10/—20	+200	—30
Transistor	Ge PNP, effekt-	110	0,5—60	30—180	60	150	+10/—5	+600	—30
Transistor	Ge NPN, lågeffekt-	85	0,05—0,3	15—50	20	200	—35	+400	—35
Transistor	Si PNP, lågeffekt-	150	0,05—0,3	20—60	60	300	+10/—15	+200	—35
Transistor	Si NPN, lågeffekt-	200	0,1—0,5	30—150	1500	350	—12	+100	—25
Transistor	Si NPN, effekt-	200	3—35	30—160	150	180	+5/—10	+200	—40
Transistor	Si fälteffekt-	200	(0) ¹ —0,2	20—50	200	20mA/V	—20	+150	—
Transistor	Si unijunction-	150	0,05	30—60	5	—	±10(η)	+300	—
Integrerade kretsar	Si monolitiska	(125)	—	3—12	500	(10 000)	±15	+200	—
							Framsän- ningsfall (%)		
Dioder	Ge punkt-	75	0,01—0,05	15—100	200	—	+10	+250	—25
Dioder	Ge »gold-bonded»	85	0,03—0,1	8—100	200	—	+5	+150	—15
Dioder	Ge skikt-	75	0,05—0,2	30—100	100	—	+5	+150	—15
Dioder	Si skikt, lågeffekt-	150	0,1—1	30—800	500	—	+3	+50	—10
Dioder	Si skikt, effekt-	175	0,3—1000	75—1600	(0,1)	—	+5	+100	—20
Dioder	Si zener	175	0,01—10	(0,6)—200	—	—	—	—	± 1
Dioder	selen, per platta	90	0,05—5	26—30	0,2	—	+25	+500	—
Tyristorer	normala	150	1—500	50—1500	(0,1)	(2000)	—	+200	—20

¹ Värdet inom parentes anger att uppgiften är osäker eller ej formellt fastställt

Tab 2. Tillförlitlighetsdata för halvledare

Halvledare	Typ	Felmodsfördelning (%)				Grundfelintensitet $\bar{z}/10^6$ h	
		vid belastning		vid låg temp		vid 25 °C, låg belastn	Minuteman riktvärde
		kortsli	avbr	kortsli	avbr		
Transistor	Ge PNP, lågeffekt-	20	80	50	50	0,005—0,25	0,007
Transistor	Ge PNP, effekt-	40	60	40	60	0,006—0,8	0,003
Transistor	Ge NPN, lågeffekt-	30	70	50	50	0,1—0,6	—
Transistor	Si PNP, lågeffekt-	80	20	60	40	0,015—1,3	0,02
Transistor	Si NPN, lågeffekt-	70	30	60	40	0,007—0,4	0,007—0,02
Transistor	Si NPN, effekt-	80	20	40	60	0,04—0,7	—
Transistor	Si fälteffekt-	50	50	30	70	0,03—0,2	—
Transistor	Si unijunction-	30	70	40	60	0,02—0,07	—
Integrerade kretsar	Si monolitiska	10	90	10	90	0,01—2	—
Dioder	Ge punkt-	70	30	40	60	0,008—0,16	—
Dioder	Ge »gold-bonded»	80	20	50	50	0,01—0,25	—
Dioder	Ge skikt-	60	40	80	20	0,004—0,07	—
Dioder	Si skikt, lågeffekt-	60	40	80	20	0,001—0,4	0,01
Dioder	Si skikt, effekt-	50	50	60	40	0,04—0,2	0,05
Dioder	Si zener-	70	30	70	30	0,09—0,5	0,02—0,1
Dioder	selen-	40	60	90	10	0,03—0,2	—
Tyristorer	normala	80	20	50	50	0,01—0,2	—

Anm. Felintensitetsvärden för integrerade kretsar och zenerdioder gäller vid märkspänning

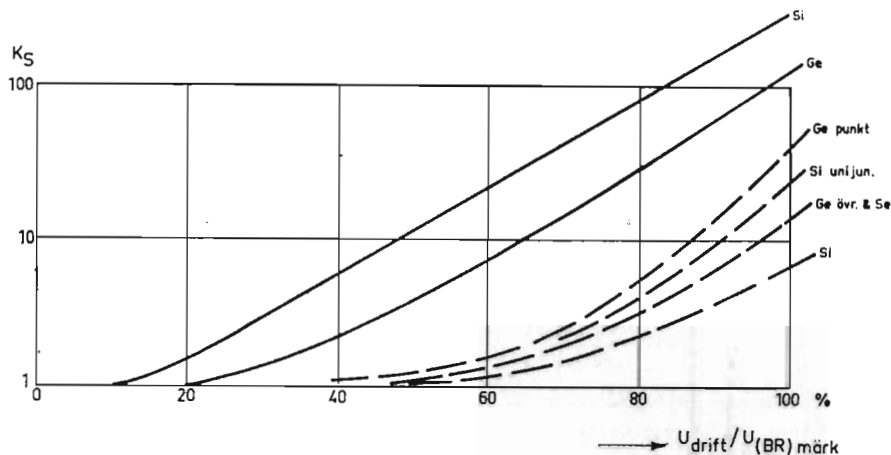


Fig 6. Multiplikationsfaktorn K_S som funktion av normaliserad driftspänning för halvledare; för transistorer heldragna linjer, för dioder streckade linjer.

är i allmänhet möjligt endast när några av variablerna fixeras. Den stabiliserade spänningen har ofta en insvängningstidkonstant.

Tillförlitligheten hos zenerdioder är god. Felen är mest av degradationstyp med ändringar i zenerspänningen eller ökning i impedansen som följd. Spänningsstabiliteten kan variera från individ till individ.

Selendioder har inte helt trängts undan av germanium- eller kiselioder. Fördelarna med selendioder är att de är billiga och i viss utsträckning självläkande. Den maximala spärrspänningen per platta är relativt begränsad. Selendioder används ofta som transientdämpare. Kapacitansen är ca 2 nF per cm^2 , vilket begränsar möjligheterna att använda dessa dioder vid höga frekvenser. Framspänningsfallet, som ligger mellan det för germanium och kisel, ökar med drifttiden, speciellt vid högre temperaturer; ökningen kan vara 25–50 % efter 10 000 h vid max data, vilket ytterligare accelererar temperaturstegringen och därmed nedbrytningen. Felintensiteten minskas om man minskar ström- och spänningspåckning. Selenplattor avformeras om de är spänningslösa under lång tid och de bör därför formuleras om minst en gång per år, på samma sätt som elektrolytkondensatorer. Låga temperaturer påskyndar avformeringen.

TYRISTORER

Vid anod-katod-spänningar mindre än blockspänningen spärrar tyristorn såväl i fram- som backriktningen. Om emellertid en tillräckligt stor römpuls tillförs styret blir tyristorn ledande med endast ca 1 V spänningsfall, och uppträder då som en vanlig diod i såväl back- som framriktning. Därför har den fått benämningen styrbar likriktare. När tyristorn en gång är »tänd», förmår styret inte släcka den, utan tyristorn släcks först när anod-katod-spänningen sjunker till i närheten av 0 V.

En viss styrström under en viss tid är nödvändig för att tända tyristorn. Hastigheten hos tändningsförloppet ökar med ökad styrström och därmed minskar förlusterna. Styrströmmen har dock ett maximumvärde som inte får överskridas. Den kritiska styrströmmen minskar med ökande temperatur och är ca 50 % vid max temperatur.

Vid -50°C är den ca 3 gånger värdet vid rumstemperatur. Hållströmmen, dvs det lägsta strömvärde, vid vilket tyristorn förblir tänd, minskar ca 0,5 % per $^\circ\text{C}$.

En tyristor kan tända utan styrström om spänningen överskrider blockspänningen. Detta tändningssätt orsakar emellertid höga momentanförfluster och är således skadligt. I praktisk drift måste hänsyn därför tas till transienter som kan initiera »tjuvtändningar», om driftspänningen ligger för nära blockspänningen. En säkerhetsmarginal på minst 2 bör användas – dvs vid drift med 220 V växelspanning bör blockspänningen hos tyristorn vara 700 V eller mera. En tyristor kan tjuvtända även vid lägre spänningar, om anod-katod-spänningen ökar mycket snabbt. Den minimitid det tar för spänningen att nå 63 % av blockspänningen brukar därför specificeras. (Ett typiskt värde är 30 V per μs .) Om anodströmmen stiger för fort kan detta resultera i att större delen av strömmen är koncentrerad till en liten del av kristallen, som då blir förstörd. Den kritiska tiden är av storleksordningen 1 μs .

Den släckbara tyristorn kan tändas genom en positiv puls på styret och släckas genom en negativ puls. »Förstärkningen» är dock endast 10–15 ggr mot ca 1 000 för konventionella tyristorer. Vissa svårigheter med tändpulser kan uppstå och flera tillverkare har därför slutat framställa släckbara tyristorer.

MONOLITISKA INTEGRERADE KRETSAR

En integrerad krets omfattar i de flesta fall en komplett kretsfunktion med en bestämd matningsspänning. Användaren kan därför inte sänka felintensiteten genom att sänka driftspänningen, och inte heller kan han kontrollera de enskilda komponenterna i enheten. En funktionsprovning av en krets ger mindre information om komponenternas kvarvarande konstruktionsmarginal än en mätning av varje individuell komponent. Driftspänningen är av mindre betydelse än i fallet transistorer och dioder, eftersom den är mycket låg (2–8 V) och ligger oftast under det värde genombrotts-spänningar inte brukar passera vid degradation.

Monolitiska integrerade kretsar är ut-satta för alla de felmekanismer, som redan har nämnts i samband med transistorer och har dessutom ytterligare några speciella felmekanismer. Många funktionsfel beror direkt på kretsarnas mycket små dimensioner och uppstår till följd av etsnings- eller maskeringsfel. Bristande renlighet under tillverkningen kan ge upphov till avbrott i det metalliserade mönstret eller dålig hållfasthet hos kontaktställena för anslutningsstrådarna. Repor på ytan kan vålla avbrott eller kortslutningar hos det ledande mönstret eller kortslutning genom det passiverade skiktet. »Metallurgiska» förändringar kan orsaka avbrott eller kortslutning. Integrerade kretsar är mycket känsliga för föroreningar, och det krävs därför att kapseln är absolut tät. I regel är det lättare att få effektiv tätning med runda kapslar än med avlånga.

De många olika felmekanismerna gör att det vid tillförlitlighetsprovning är nödvändigt att prova ett större antal kretsar vid en lägre arbetskvot i stället för att prova ett mindre antal vid en högre arbetskvot. Detta är speciellt fallet när tillverkaren önskar undersöka inverkan av en ändring i tillverkningsförfarandet. När provpartiet är litet kan det lätt hända att flera felmekanismer inte är representerade. Detta kan förklara varför resultatet från prov på ett fåtal kretsar vid hög temperatur, som extrapoleras till normal temperatur, ibland ger en mycket lägre felintensitet än en provning vid normal temperatur.

Tillförlitlighetsunderlaget för integrerade kretsar skiljer sig mycket från fabrikat till fabrikat. I regel har endast enkla kretsar provats. Definitionerna av fel är också mycket olika och graden av gallring eller inbränning före provets egentliga början är ofta ospecificerad. Man kan dock märka några tendenser: En krets, som inte befunnits vara felaktig efter några hundra timmars drift är med stor sannolikhet felfri även i fortsättningen. Ankomstkontroll är nödvändig och bör inkludera inbränning vid max data. Feltyper är oftast mekaniska avbrott, antingen vid anslutningen till kristallen eller i metalliseringen. I andra hand kommer »channelling» eller jonvandringsfenomen. □



ULTRALJUDSSVETSNING AV STYRELEKTROD TILL TYRISTORELEMENT

Kontroll och åter kontroll...

ASEAS halvledarprogram omfattar

tyristorer: 70–335 A, 200–3200 V
dioder: 300–510 A, 200–6000 V

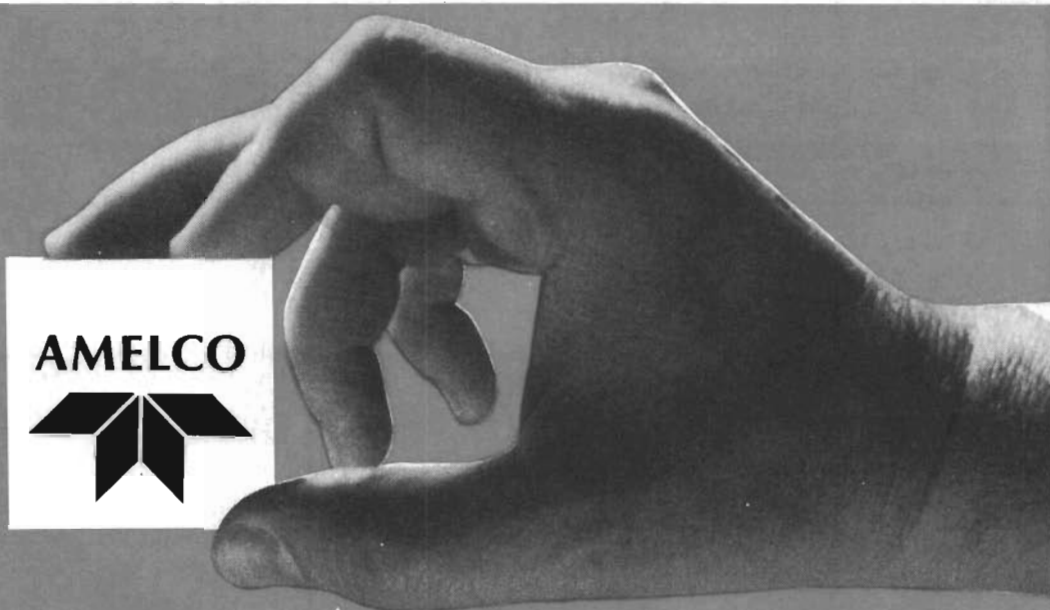
Tillförlitlighet hos halvledarkomponenter för stora effekter är en grundförutsättning i industri- och traktionsutrustningar, där driftstopp kan betyda stora förluster.

Det är därför ASEAs halvledarkomponenter genomgår en minutiös kontroll efter varje steg i tillverkningen, i slutstadiet följd av 50 timmars individuell leveranskontroll. Vid denna värderas alla vitala egenskaper hos varje komponent, t.ex. spänningstålighet, dynamiska egenskaper och långtidsstabilitet. Denna kvalificerade provning är en garanti för tillförlitliga komponenter. Välj därför strömriktarutrustningar där ASEAs halvledarkomponenter ingår!



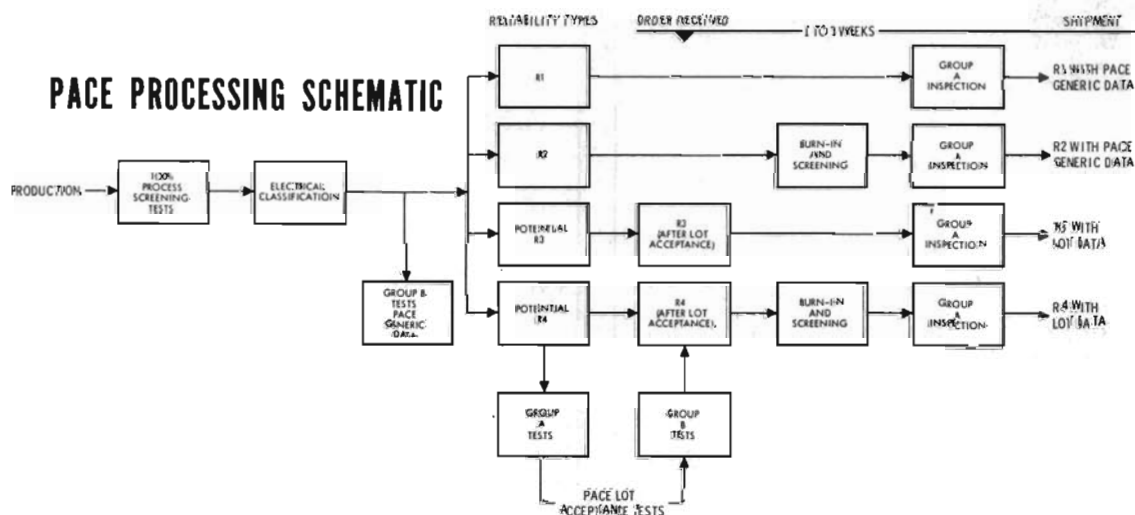
för tillförlitlighet och ekonomi

ASEA
Kontakta närmaste regionkontor


AMELCO


Tillförlitlighet till rimligt pris Pace II program

PACE II R4 t ex innebär inbränning med samplade data på samma tillverkningsdel som leveransen och kostar 600 kr per beställd typ samt 5,50 kr/st i 100-tal. PACE II R4A innebär dessutom mätning av förstärkning och läckströmmar före och efter inbränningen, varvid tillkommer 3:50 kr/st.



Komponentspecialisten i Norden

Ring 08/248340

... det lönar sig

nordisk
elektronik

NORDISK ELEKTRONIK

Nordisk Elektronik AB, Fack, 103 80 Stockholm 7, telefon 08/24 83 40
A/S Nordisk Elektronik, Danasvej 2, København, telefon EVA 8285-8238
Nordisk Elektronik (Norge) A/S, Middeltunsgate 27, Oslo 3, telefon 60 25 90

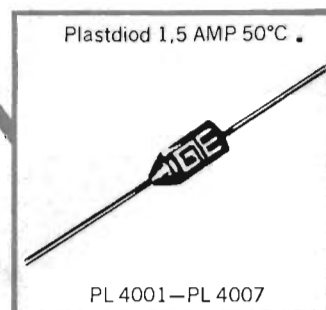
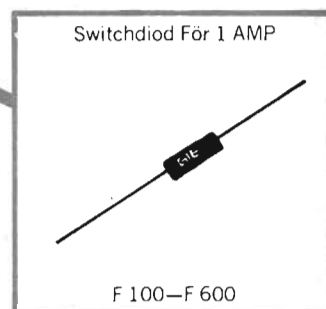
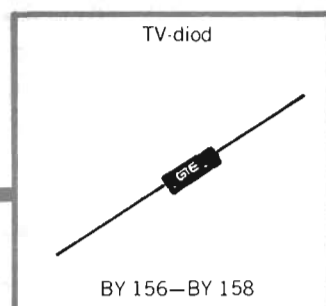
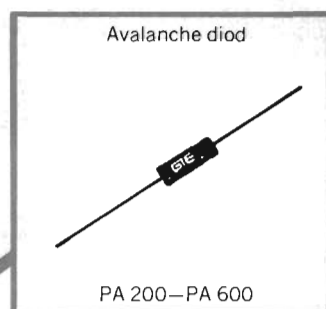
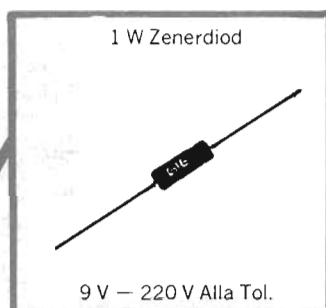
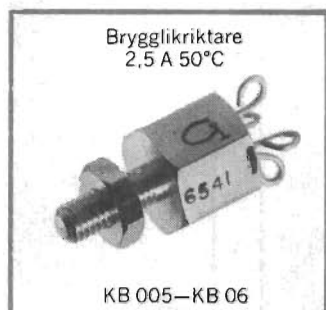
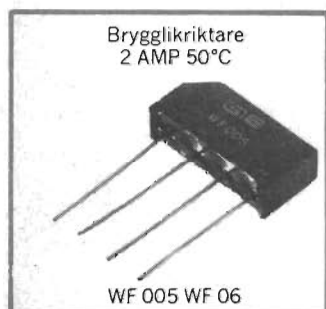
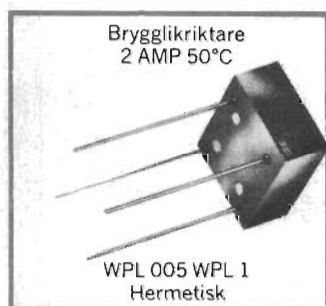
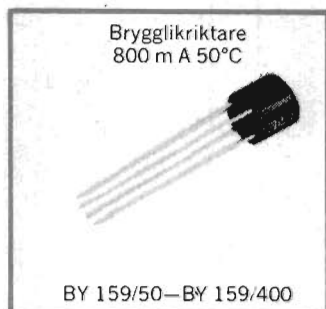
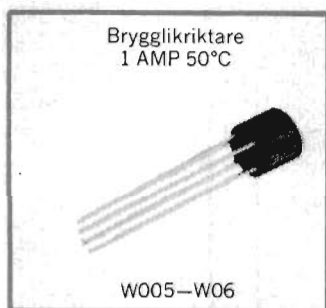
— ett Johnson
företag

"GLASS-AMP"

familjen har ynglat av sig.
Låt oss föreställa släkten
Samtliga typer tillverkas
av

**GENERAL
INSTRUMENT EUROPE
NAPEL, ITALIEN**

och lagerföres av oss i Farsta



TILLVERKAD HITTILLS I USA
OCH EUROPA I MER ÄN 150
MILJ. EXEMPLAR
1 AMP. vid 100°C
50 V—1000 V. P1V

Stötström 50 A 1 period Hermetisk glaskapsling
Godkänd för militär användning i Sverige. Serien
IN 4383—IN 4585 200 V—1000 V eller för civilt
bruk serien P 100—P 1000. 100 V—1000 V.

SVENSKA

TELEKON

BOLAGET

NORDMARKSVÄGEN 40 · FARSTA

Postadr: Box 328, Farsta 3 Tel. 94 90 23 - 94 90 79

TABLE 6

Transistors: group 'B' inspection

Examination or test	Military STD reference		Conditions	SURE 3		SURE 2	
	MIL STD 750	K 1007		LTPD	MRN	LTPD	MRN
SUBGROUP 1 Physical dimensions	2066	5.1	Gauging of all major dimensions on particular specification	10%	1	20%	3
SUBGROUP 2 Soldering and solderability	—	—	5 sec. (min.) in flux, 10 sec. (max.) in Sn (60), Pb (40) at 260°C ± 10°C	10%	2	15%	3
Temperature cycling	1051 cond. C	5.5	5 cycles, -65°C to +200°C **				
Thermal shock	1056 cond. B	5.6.2	5 cycles, 0°C to +100°C				
Moisture resistance	1021	5.3.1.3	Ten 24-hours cycles T _A = -10°C to +65°C RH = 80% to 98% Relative Humid.				
SUBGROUP 3 Shock	2016	5.17.1	Non operating 1500 g for 0.5 msec. 5 blows in each of 6 orientations	10%	2	15%	3
Vibration variable frequency	2056	5.16.1	Four 4-mi 3 orien 20				
Constant	2006	5.14					

Tillförlitliga halvledare —SGS kisel planar.

SGS tillverkar halvledare enligt Planar-processen. Testningen sker enligt koncernens speciella tillförlitlighetsprogram SURE (Semiconductor Users Reliability Evaluation Programme). Detta

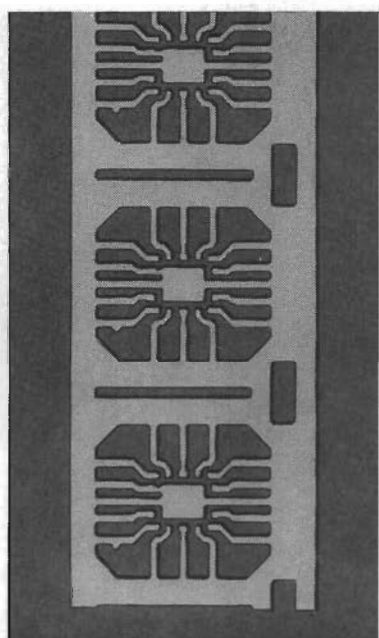
täcker in samtliga de tillförlitlighetskrav som ställs i amerikanska, brittiska, svenska med flera militära specifikationer. Testning enligt SURE sker i Märsta, Falkirk, Rennes, Wasserburg och Agrate.



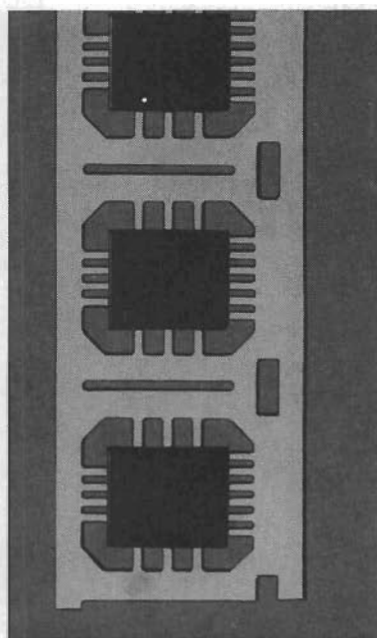
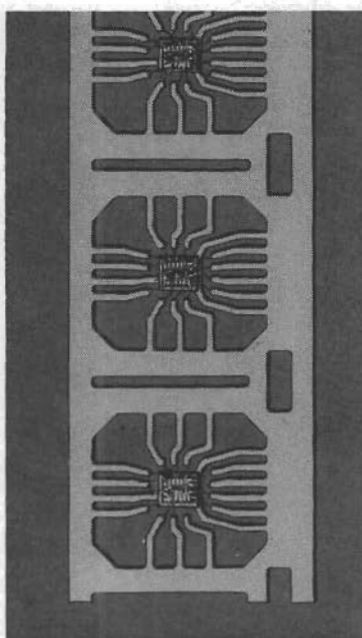
SGS Semiconductor AB
Postbox, 195 01 Märsta
Tel. 0760/401 20

Våra integrerade kretsar är dubbelkapslade - en unik metod för kapsling med hög tillförlitlighet

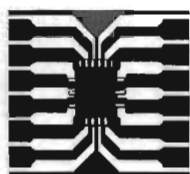
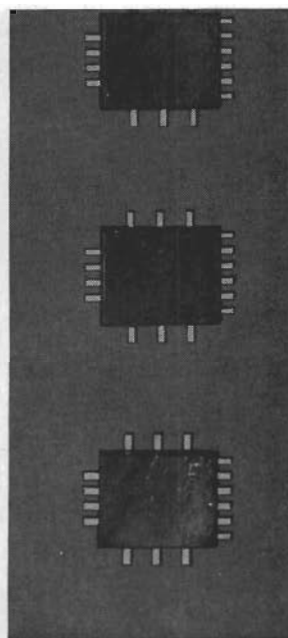
Vi prutar inte på tillförlitligheten. Därför kapslar vi våra integrerade kretsar två gånger. Och vår metod är unik.



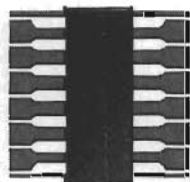
1. Kristallen monteras på ett litet, guldpläterat uttagsgaller.



2. Sedan kristallen försetts med ett skyddande lackskikt, kapslas den i mjuk epoxiharts.



För det första monterar vi kristallen på ett litet, guldpläterat uttagsgaller. Sedan kristallen försetts med ett skyddande lackskikt, kapslas den i mjuk epoxiharts. Hartsen hindrar fukt att tränga in i kristallen och förhindrar att anslutningstrådarna drabbas av termisk utmattning.



För det andra löder vi denna kapsel till ett förtent uttagsgaller och kapslar denna enhet i en dual-in-line-kapsel. Vi väljer en extra stark plast i kapslen för att den skall kunna motstå svåra påfrestningar på anslutningarna.

Anslutningarna är konstruerade så att de får maximal vidhäftning till plastkroppen. Anslutningarnas tennplätering fortsätter in i komponentkroppen och ger ett utmärkt skydd mot korrosion. Den ger också högkvalitativa lödningar — även efter lång lagring under tropiska förhållanden.

Den dubbla kapslingen ger utomordentlig tillförlitlighet . . .

Vi provar tillförlitligheten hos våra integrerade kretsar på ett utomordentligt krävande sätt. Förutom sträng kvalitetskontroll under varje steg i tillverkningen, genomgår delar av varje produktionsserie tillförlitlighetsprov under praktiskt taget alla slags påfrestningar — elektriska, termiska, mekaniska och klimatiska.

Tålighet mot termisk utmattning provar vi genom att leda effekt till en RTR-krets* så att kristalltemperaturen varieras i tusentals cykler, från mycket låg till mycket hög.

Kretsens totala livslängd provar vi genom intermittent effektbelastning, denna gång genom att öka skikttemperaturen under en period på två och en halv timme. Därefter får kretsen kallna. Detta prov ger god indikation på bondningarnas styrka, avslöjar läckning och varje försämring av elektriska prestanda under svåra termiska påfrestningar.

Vi kontrollerar även RTR-kretsens livslängd genom att gång på gång belasta transistorn i backriktningen vid hög omgivningstemperatur. Detta är ett prov på lackens eller plastens inverkan på kristallen eftersom det visar effekten av ytfenomen.

* monolitisk provkrets

Two new Series 54/74 AND gates.

The 54/7408—a Quad 2-input AND.

The 54/7411—a Triple 3-input AND.

Choice of flat pack  or DIP. 

Full of
features.....

- High Speed— $t_{pd} = 13$ nsec.
- Low Power—25 mW/gate
- Full Fan-out of 10
- Input Diode Clamping
- Reduce Package Count

Available now from Sprague—
the broad line Series 54/74 supplier.

SERIES 74N	FUNCTION	SPRAGUE PART NO.*	SERIES 74N	FUNCTION	SPRAGUE PART NO.*
SN7400N	Quad 2-Input NAND	USN-7400A	SN7473N	Dual J-K Master Slave Flip Flop: Single chip, pin 11 GND	USN-7473A
SN7401N	Quad 2-Input NAND (No Collector Load)	USN-7401A	—	Single chip, pin 7 GND	USN-74107A
SN7402N	Quad 2-Input NOR	USN-7402A	SN7474N	Dual D-Type Edge-Triggered Flip Flop	USN-7474A
—	Quad 2-Input AND	USN-7408A	—	Dual J-K MS Flip Flop with Preset and Clear	USN-7476B
SN7410N	Triple 3-Input NAND	USN-7410A	—	Dual AC Clocked J-K Flip Flop	USN-7479A
—	Triple 3-Input AND	USN-7411A	COMPLEX ARRAYS		
SN7420N	Dual 4-Input NAND	USN-7420A	SN7441N	BCD-To-Decimal Decoder/Driver	USN-7441B
SN7430N	Single 8-Input NAND	USN-7430A	SN7475N	Quadruple Bistable Latch	USN-7475B
SN7440N	Dual 4-Input NAND Buffer	USN-7440A	SN7480N	Gated Full Adder	USN-7480A
SN7450N	2-Wide 2-Input Expandable AND-OR-INVERT	USN-7450A	SN7482N	2-Bit Binary Adder	USN-7482A
SN7451N	2-Wide 2-Input AND-OR-INVERT	USN-7451A	SN7483N	4-Bit Binary Adder	USN-7483B
SN7453N	4-Wide 2-Input Expandable AND-OR-INVERT	USN-7453A	SN7490N	Decade Counter	USN-7490A
SN7454N	4-Wide 2-Input AND-OR-INVERT	USN-7454A	SN7491AN	8-Bit Shift Register	USN-7491A
SN7460N	Dual 4-Input Expander	USN-7460A	SN7492N	Divide-By-Twelve Counter	USN-7492A
SN7470N	D-C Clocked J-K Flip Flop	USN-7470A	SN7493N	4-Bit Binary Counter	USN-7493A
SN7472N	J-K Master Slave Flip Flop	USN-7472A			

*0 to 70 C dual in-line circuits. Standard devices also available in flat pack,
as well as Series 5400 full-temperature-range equivalents in flat pack or DIP.

Agent for Sweden:
AERO MATERIAL A.B.
Sandsborgsvägen, S — 122 33 Enskede, Tel. 49-25-10, Telex 19982

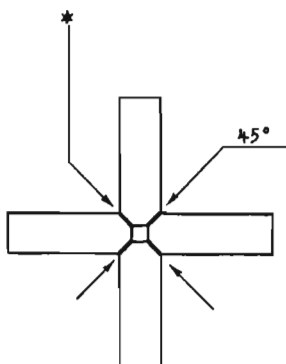
SPRAGUE WORLD TRADE CORP.

Färberstrasse 6, 8008 Zürich, Tel. 47 01 33



SPRAGUE and ® are registered trademarks of the SPRAGUE ELECTRIC Co.

ELCO



Ovanstående bild visar Elco:s geniale kontaktprincip VARICON liksom ett litet urval av alla de kontaktelement som tillverkas världen över. Dessa monteras direkt på kort, i hålplattor eller i kompletta skarvdon och finns för alla förekommande anslutningsmetoder där lödning, kontaktpressning eller virning är de vanligaste.

VARICON är en hermafroditkontakt som framställs genom prägling, en metod som förutsätter stortillverkning men i gengäld ger en oöverträffad likformighet och precision till ett förhållandevis lågt pris. Varje förbindning får 4 kontaktytor som tillsammans ger stor area, okänslighet för vibration och vridpåkänningar parad med högt kontaktryck, allt samverkande till en enastående tillförlitlighet. Största användningsområdet för VARICONs är i kombination med tryckt ledningsdragning eller kablage i kvalitetsbetonad elektronik. Under 1968 levererade vi ca 10 miljoner VARICON-kontakter till en kundkrets med skärpt kostnadsövervakning kombinerad med utomordentligt höga kvalitetskrav.

Vi står gärna till tjänst med kataloger, priser, prover eller information och referenser.

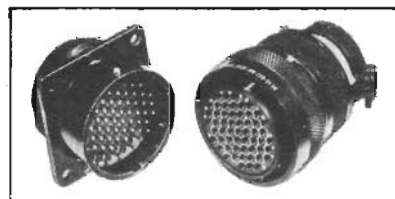
Elco Svenska Elektronik AB

Hornsgatan 58 117 21 Stockholm 17 Telefon 24 61 60

KOMPONENTER ATT LITA PÅ

SOURIAU

mångpoliga cylindriska – och kortkontakter



Skarvdon enligt NAS 1599

typprovade och godkända av SAAB



BEYSCHLAG

Ytskikt motstånd typprovade och godkända av FTL.



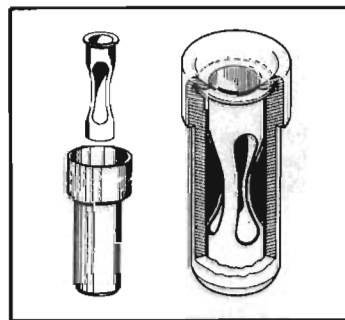
Polystyren-, mylar-, polycarbonat- och tantalkondensatorer typprovade och godkända av FTL.

BO PALMBLAD AB

Box 17081, 104 62 Stockholm 17. Tel. 24 61 60

CAMBION®

The Squeeze Is on Reliability



Den unika »bur»-konstruktionen har en uppgift i livet... att förse jacken med en ledande fjädring. Materialet är utvald berylliumkoppar av största homogenitet. Standardtesten består av 500 insättningar och utdragningar i cykler om 600 per h. CAMBION jackar i 1 000-tal valdes till SST-Concorde projektet, dels ombord till varnings- och kontrollenheter dels för tillhörande markkontroller.

Absolut tillförlitlighet krävs av Cordis hjärt-pacer inopererad nära hjärtat. CAMBION fick förtroendet att förse denna pacer med fyra jackar monterade för elektrodkontroll av hjärtmuskulerna.

CAMBION Mini-Connector katalog sändes på begäran.

AB RECTRONIC INC.

Tel. 08/80 10 00
Margretelundsvägen 17 161 34 BROMMA

Epoxymaljerade metallfilm – motstånd

SERIE CE

- Motståndselementet av metallfilmlegering som under högvakuum påångats specialporslin.
- Isolation av fuktsäker epoxy-emaljlack.
- Temperaturkoefficienter: $T - 0 \ 0 \pm 100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, $T - 2 \ 0 \pm 50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, $T - 9 \ 0 \pm 25 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.
- Toleranser: $\pm 1 \%$, $\pm 0,5 \%$, $\pm 0,25 \%$ och $\pm 0,1 \%$.
- MIL-R 10509 E karaktäristik E och I.E.C. typ 1 nr 55/155/56.
- Brus (IEC-rekommenderad metod): $\leq 0,1 \mu\text{V/V}$.
- Stabilitet efter 1000 timmar nominell belastning vid 70°C i enlighet med IEC typ 1: $\Delta R < 0,3 \%$.

V TROHM TYP	BELASTNING I WATT VID 70°C	BELASTNING I WATT VID 125°C	MOTSTÅNDS- OMRÅDE I OHM	MAX. LIK- STRÖMSPÄN- NING I VOLT	DIMENSIONER I MM		
					L	D	d
CEA	1/8	1/8	10—0,25 M	250	8	2,5	0,65
CEB	1/4	1/8	10— 0,5 M	300	12	3,5	0,65
CEC	1/2	1/4	10— 1 M	350	15	4,5	0,65
CEF	1	1/2	10— 2 M	500	24	7,5	0,80
CEH	2	1	100— 4 M	750	54	7,5	0,80

Typ CEA, CEB och CEC lagerföres i E-24 serien med tolerans $\pm 1 \%$ och temperaturkoefficient $T - 0 \ 0 \pm 100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

UNIVERSAL IMPORT
AKTIEBOLAG STOCKHOLM
KRONBERGSGATAN 19 TELEFON VÄXEL 52 06 85

Utdrag ur **TELKO** huvudkatalog Del M (kabeldelen)

LF-kabel med Thermoplastskärm Serie EHE

Dessa kablar kännetecknas av en betydligt bättre avskärmningseffekt i förhållande till den »klassiska skärmen».

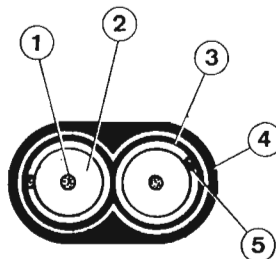
Monteringstiden nedbringas till ett minimum.

Kat.nr	Uppbyggnad	Area	Ytterdiam.	Kap. m. led./skärm	Pris/m
M180	1-led $7 \times 0,2$	0,22	2,8	152	0: 65
M181	1-led $7 \times 0,2$	0,22	3,5	118	0: 80



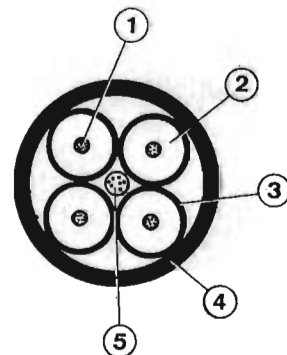
M183	2-led $7 \times 0,2$	0,22	4,0	95	1: 20
M184	2-led $7 \times 0,2$	0,34	5,0	140	1: 45
M190	2-led $7 \times 0,12$	0,1	$2,9 \times 4,9$	96	1: 50
M191	4-led $7 \times 0,12$	0,1	5,6	96	2: 60

1 = ledaren
2 = isolering
3 = skärm
4 = ytterisol.
5 = uttag f. skärm



M190 (stereokabel)

M191
sep.
skärm.
4-led.



TELKO AB TELEKOMponenter S:t Eriksgatan 15, Box 12011, Stockholm 12
Tel. 52 33 34—52 34 33 Butik 53 80 20

där högsta tillförlitlighet krävs...



SCANDIA METRIC representerar ett flertal amerikanska och europeiska företag specialiserade på tillverkning av komponenter för rymd-, flyg-, robot- och militärt bruk – områden där utrustningen måste fungera trots de mest extrema påfrestningar.

Drag därför nytta av dessa firmors erfarenheter, vare sig Ni konstruerar militära, industriella eller kommersiella utrustningar.



LEACH reläer

Hermetiskt slutet elektronsvetsad kanna, från lågnivå till 400 A, kontaktfunktion, mikro – miniatyr – subminiatyr – kraft – kontrollreläer, kontaktorer, tidreläer 50 ms – 300 tim, möter MIL-R-5757 eller R-6016.



MARKITE prec.pot.

Konduktiv plastbana ger oändligt hög upplösning, hög noggrannhet och linjäritet. Lågt vridmoment trots hård inspänning av löpare. Klarar 70 G vibration vid 5 – 2000 Hz, 100 G chock- och 100 G acceleration i samtliga riktningar. Katastroffel p g a kortslutning uteslagna. Tillverkas som roterande enkel eller gangad samt rak linjär potentiometer.



DAVEN prec.motstånd

Trådlindade precisionsmotstånd, omagnetiska och resistiva mot radioaktivitet. 380 typer. Motståndsvärden enligt kundens önskemål mellan 0,001 – 25 Mohm, toleranser $\pm 0,005$ till $\pm 1,0$ %, temp.koeff. ± 1 PPM till $+ 5800$ PPM/ $^{\circ}$ C, stab. ned till 0 ± 20 PPM under 3 år. Möter MIL-R-93 och R-9444.

Miniatyromkopplare, hermetiskt slutna, fyllda med gas innehållande spårämnen för efterkontroll av täthet. Kan belastas upp till 5 A, bryter 2 A. Upp till 12 pos. Möter MIL-3786A/20 respektive B/19.



ELECTRO-TECHNIQUES prec.pot.

Trådlindade enkel- och flervärvs potentiometrar mötande MIL-R-19, R-12934, R-19518, NAS-710 och MIL-E-5272.



TECHNIPOWER kraftaggr.

Inbyggadsaggregat för AC/DC, DC/DC, DC/AC, serieregulatorer m m. MTBF 40–200.000 timmar. Strömområden 0,05–100 A. Spänn.-områden 0,5–1000 V. Serie PM-95, F och FD-115 möter MIL-spec.-avseende chock, vibration, fukt, temperatur och saltdimma.

För ytterligare information och datablad kontakta:

08/82 0410 • SCANDIA METRIC AB • FACK • SOLNA 3



SANKEN - TERRA - KAMAYA



Bildiod 200 V 10 A



Transistor 20—100 W



Varistorer 0,5—1,5 W

Fotomotstånd
50—500 mW

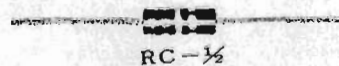
Panelinstrument



Vridtransformatorer



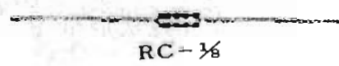
Pulstransformatorer



RC — 1/2



RC — 1/4



RC — 1/8

Massamotstånd



Piezo kristaller



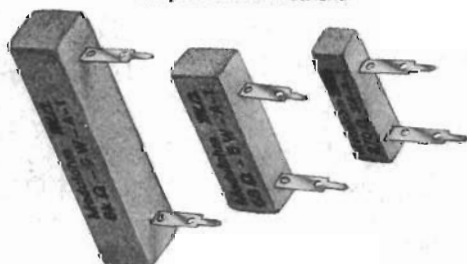
Tungreläer

AUG. EKLOW

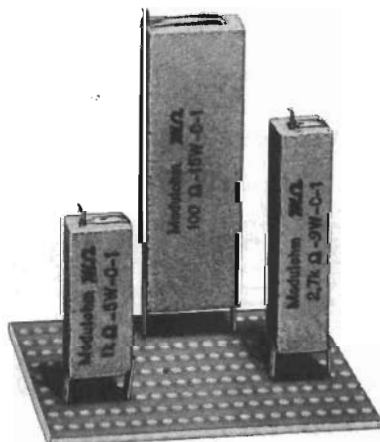
Norrtullpalatset Ynglingagatan 18 104 35 Stockholm 23
Telefon 08/23 06 20 (växel). Telex 19019
Aug. Eklöw Ltd Tokyo och Kobe, Japan



Emaljerade modulmotstånd



Ingjutna modulmotstånd för horisontellt montage



Ingjutna modulmotstånd för vertikalt montage

MODULOHM trådlindade motstånd

1–25W Hög kvalitet. Låga priser

Lämpliga för PC-plattor. Motståndstråden svetsad vid anslutningarna. Anslutningar av nysilver. Tolerans $\pm 5\%$.

Emaljerade motstånd

1W. Motståndsvärde: 0,47 Ω till 10 k Ω E-12 serien.
Storlek 3,5 $\times$ 15 mm.

2W. Motståndsvärden: 0,47 Ω till 10 k Ω E-12 serien.
Storlek 3,5 $\times$ 22,5 mm.

Modulmotstånd ingjutna i sintrad keramikmassa

Horisontellt utförande. Anslutningar av nysilver. E-12 serien.

Effekt	Resistans	Tolerans $\pm 5\%$	Dimension
3 W	Motståndsvärden:	0,1 Ω till 6,8 k Ω	6,5 $\times$ 6,5 $\times$ 20 mm.
5 W	Motståndsvärden:	0,15 Ω till 10 k Ω	6,5 $\times$ 9 $\times$ 25 mm.
9 W	Motståndsvärden:	1,5 Ω till 18 k Ω	9 $\times$ 9 $\times$ 38 mm.
15 W	Motståndsvärden:	2,2 Ω till 22 k Ω	9 $\times$ 17 $\times$ 50 mm.
25 W	Motståndsvärden:	2,2 Ω till 22 k Ω	9 $\times$ 17 $\times$ 75 mm.

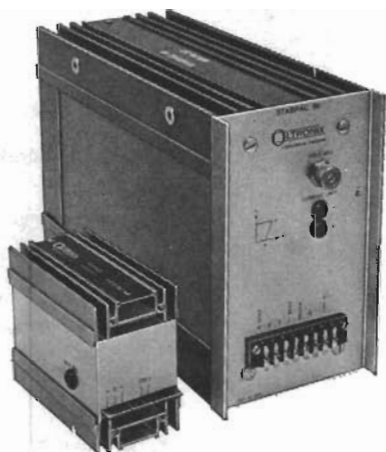
5 W, 9 W och 15 W motstånden finnes även i vertikalt utförande.

Katalog
och prislista
sändes
på begäran

Elek

Radio & Elektronikkomponenter AB
Tulegatan 19 G Box 19043
104 32 Stockholm 19
Tel. 08/34 09 20

OLTRONIX BLÅ *



* stabiliserande likspänningsaggregat
för inbyggnad uppbyggda enligt Oltronix
blå profilsystem
Fulländad teknisk lösning på värmeproblemet
ger ööverträffad livslängd.

- Helt slutna
- Helt kisel
- Fjärravkänning
- Förberedda för överspänningsskydd
- 60°C omgivningstemperatur
- Programmerbara
- Strömbegränsning

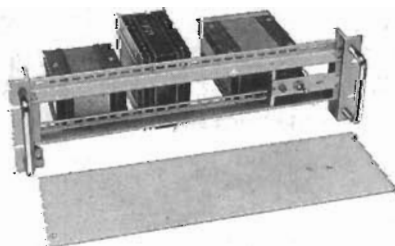
0,25 % Stabilitet				
Modell		Spänning V	Ström A	Pris
STABPAC 6 6 W	MD8-0,75 MD15-0,4 MD32-0,2 MD60-0,1	0-8 0-15 0-32 0-60	0,5-0,75 0,27-0,4 0,13-0,2 0,07-0,1	330: -
STABPAC 15 15 W	MD8-1 MD15-1 MD32-0,48 MD60-0,25 MD120-0,12	0-8 0-15 0-32 0-60 0-120	1-1 0,66-1 0,32-0,48 0,17-0,25 0,08-0,12	355: -
STABPAC 30 30 W	MD8-2 MD15-2 MD32-0,95 MD60-0,5 MD120-0,25	0-8 0-15 0-32 0-60 0-120	2-2 1,35-2 0,65-0,95 0,35-0,5 0,17-0,25	420: -

0,1 % Stabilitet				
STABPAC 45 45 W	MC5-5 MC12-3,5 MC24-1,8 MC28-1,6 MC48-1	4,5-5,5 10,8-13,2 21,6-26,4 25,2-30,8 43,2-52,8	5 3,5 1,8 1,6 1	570: -
STABPAC 90 90 W	MC5-10 MC12-7,5 MC24-3,7 MC28-3 MC48-1,9	4,5-5,5 10,8-13,2 21,6-26,4 25,2-30,8 43,2-52,8	10 7,5 3,7 3 1,9	670: -

0,01 % Stabilitet				
Modell		Spänning V	Ström A	Pris
STABPAC 3 3 W	2MB15-0,1 MB15-0,2 MB30-0,1	2 x 15 0-15 0-30	0,1 0,2 0,1	275: -
STABPAC 6 6 W	MB8-0,75 MB15-0,4 MB32-0,2 MB60-0,1	0-8 0-15 0-32 0-60	0,5-0,75 0,27-0,4 0,13-0,2 0,07-0,1	435: -
STABPAC 15 15 W	MB8-1 MB15-1 MB32-0,48 MB60-0,25 MB120-0,12	0-8 0-15 0-32 0-60 0-120	1-1 0,66-1 0,32-0,48 0,17-0,25 0,08-0,12	460: -
STABPAC 30 30 W	MB8-2 MB15-2 MB32-0,95 MB60-0,5 MB120-0,25	0-8 0-15 0-32 0-60 0-120	2-2 1,35-2 0,65-0,95 0,35-0,5 0,17-0,25	525: -
STABPAC 2 x 30 2 x 30 W	2MB12-2 2MB15-1,8 2MB24-1,2 2MB30-1 2MB35-0,8	2 x 10,8-13,2 2 x 13,5-16,5 2 x 21,6-26,4 2 x 27,0-33,0 2 x 31,5-38,5	2,0 1,8 1,2 1,0 0,8	800: -
STABPAC 45 45 W	MB5-5 MB12-3,5 MB24-1,8 MB26-1,6 MB48-1	4,5-5,5 10,8-13,2 21,6-26,4 25,2-30,8 43,2-52,8	5 3,5 1,8 1,6 1	675: -
STABPAC 90 90 W	MB5-10 MB12-7,5 MB24-3,7 MB28-3 MB48-1,9	4,5-5,5 10,8-13,2 21,6-26,4 25,2-30,8 43,2-52,8	10 7,5 3,7 3 1,9	775: -

NYHET!

Med stab-rack löser Ni just Edra speciella likspänningsbehov från vårt stabpac program genom



- Enkel montering
- 19" rackmontage
- Flexibilitet
- Lågt pris

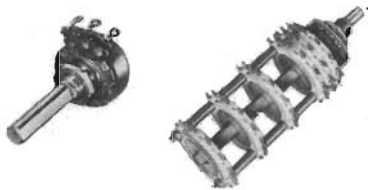
Begär utförligt datablad

OLTRONIX

Jämtlandsgatan 125 • 162 20 Vällingby • Tel. 87 03 30

Komponenter från SALCHOW-elektronik ger ökad tillförlitlighet.

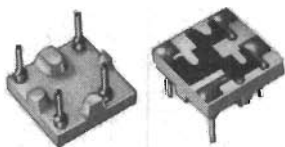
Informationstjänst nr 100



A.B. ELECTRONIC COMPONENTS

Vridomkopplare: TROLEX m. fl. typer, tryckomkopplare upp till 10 knappar, tråd- och kolpotentiometrar, miniatyrmotorer, TV-tuners

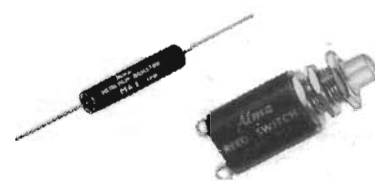
Informationstjänst nr 101



A.B. ELECTRONIC COMPONENTS (Microelectronics Div)

CERMET tjockfilmskretsar från TO-5 till 25x50 mm storlek, motståndsmotstånd, aktiva hybridkretsar enl. individuella önskemål.

Informationstjänst nr 102



ALMA COMPONENTS LTD

Reed-reläer, digitala reed-system, tryckknappar med reed-kontakter, trådlindade precisionsmotstånd, metallfilmsmotstånd.

Informationstjänst nr 103



CTS CORPORATION

CERMET potentiometrar och trimrar, tjockfilmskretsar, sub-miniatyrmotstånd, trådlindade trimrar enl. MIL-standard

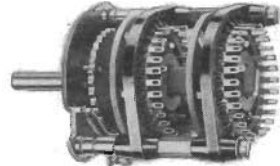
Informationstjänst nr 104



DUBILIER

Hög- och lågspänningskondensatorer: oljepapper, polyester/papper, polyesterfilm, metallpapper, elektrolyt, tantal, glimmer.

Informationstjänst nr 105



EBE ELEKTRO-BAU-ELEMENTE

Precisionsomkopplare, tumhjulsomk., miniatyromk., vridmagneter, stegmotorer och väljare "System LEDEX" programmeringstavlör.

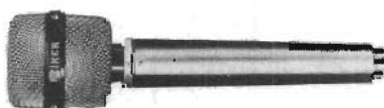
Informationstjänst nr 106



GENERAL TIME CORPORATION

Tidmotorer, impuls- och fördröjningsreläer, timräknare, programverk, MINELCO "micro-miniature" trimpotar, omkopplare, indikatorer.

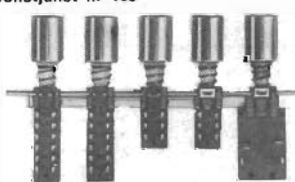
Informationstjänst nr 107



PEIKER ACUSTIC

Dynamiska mikrofoner för radio-kommunikation (industri, bussar, taxi, polis), förstärkaranläggningar och inspelningsstudios.

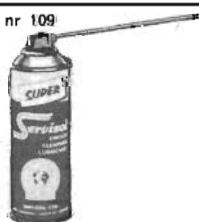
Informationstjänst nr 108



PETRICK GMBH

Tryck-knapps-system för svag- och starkström, även med belysta knappar, S-märkta tryckströmbrytare upp till 4 A.

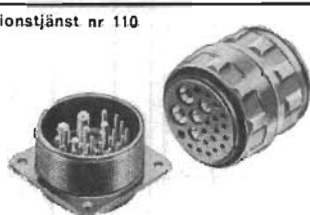
Informationstjänst nr 109



SERVISOL

Rengör, smörjer och skyddar alla slags elektriska kontakter, NEW SERVISOL, SUPER SERVISOL, AERO-KLENE, angriper ej plaster.

Informationstjänst nr 110



SMART & BROWN CONNECTORS

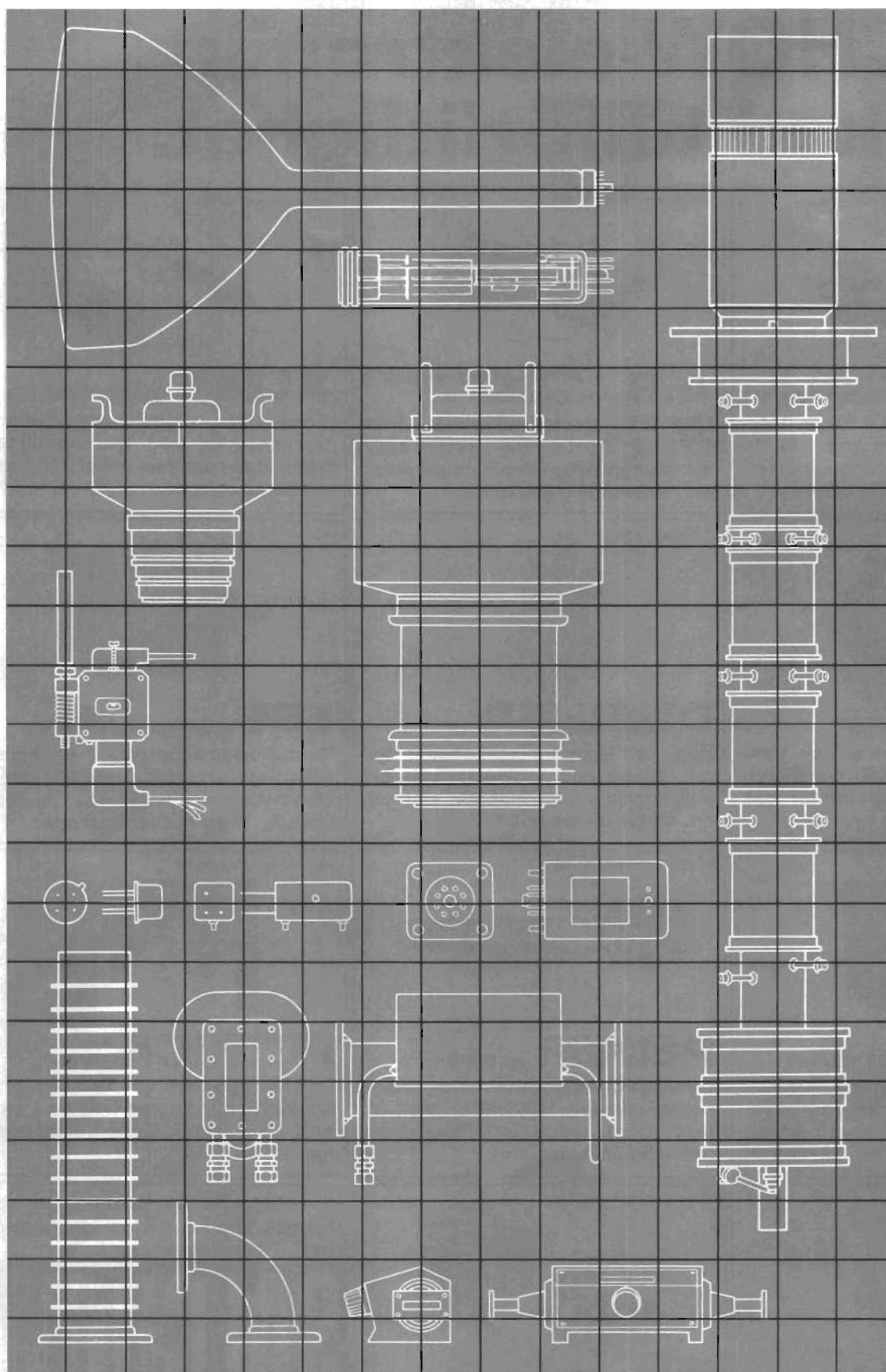
Heltäta mångpoliga kontaktdon MS, M4, Pattern 104 etc, godkända enl. MIL, DEF och NATO, 2-47-poliga, 5-1500 A.

Vi sänder Er gärna datablad och teknisk information om de komponenter som intresserar Er.

SALCHOW elektronik

BOX 667 • 126 06 HÄGERSTEN 6
TEL. 08/887525 • 887526 • 887527

KVALITETSKOMPONENTER



Likriktare
 Tyratroner
 Ignitroner
 Trioder
 Tetroder
 Pentoder

 Klystroner
 Magnetroner
 Backvågsrör
 Vandringsvågrör
 Mottagarskyddare
 Sändarskyddare
 Omkopplare
 Monitorioder
 Brusrör

 Kamerarör
 Bildförstärkarrör
 Elektroniska slutarrör
 Katodstrålerör
 Minnesrör
 Fotomultiplikatorer

 Glimmodulatorrör
 Blixtrör
 Laser
 Kallkatodrör
 Kapacitansrör
 IR-källor
 Arctondetektorer

 Kristaller
 Kristallfilter
 Kristalloscillatorer

 Vägledardetaljer
 Circulatorer
 Isolatorer
 Fördröjningsledare
 Ändbelastningar

 Rullbollar
 Höghastighetsreläer

 m.m.
 m.m.
 m.m.

ENGLISH
ELECTRIC
VALVES

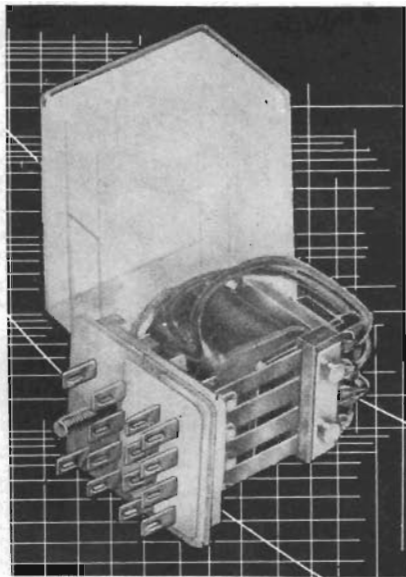
MARCONI

Sanders

SRA SVENSKA RADIO AB

Agenturavdelningen, Fack, 102 20 Stockholm 12, Tel. 08-22 31 40, ankn. 157

MINIATYRRELÄ RA



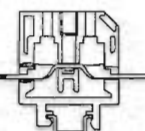
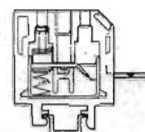
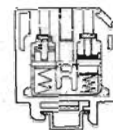
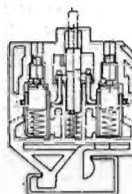
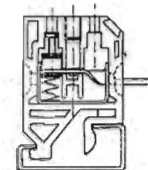
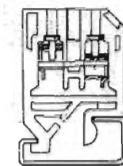
pris
dimensioner



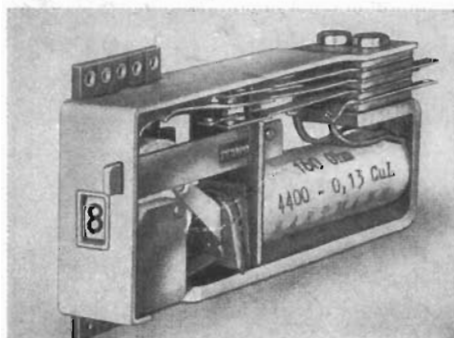
kvalité
prestanda

SUPRAFIX

WAGO

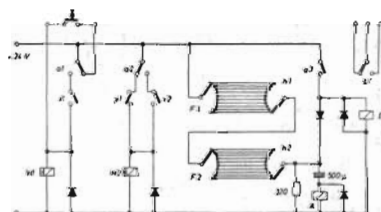


FRITZ HARTMANN & CO.

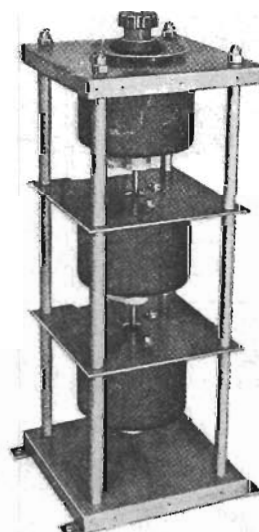


Impulsräkna-
re med mek.
eller elektr.
nollställning,
lämplig för de-
kadsystem
med förval
och för datum-
verkskoppling

Kopplingsexempel
för 2 dekadräkne-
verk typ ZR-24-A-
N10 med förval. Vid
ett förbestämt antal
in-pulser erhålles
en ut-puls och de-
kaderna nollställles.



Rühstrat



Begär specialbroschyrer — skriv eller ring till generalagenten

ingenjörsfirma
pulsteknik ab

Tel. 031/92 55 90, 92 55 91
Box 51017, 400 78 Göteborg 51
Östergärde Industriområde

don't take pot luck...

ON RELIABILITY



Painton Typ
133 Rotatrim®



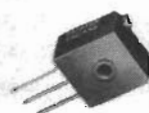
Painton Typ
271-3-5



Painton
Typ 224



Painton
Typ 200



Painton
Typ 3280



Painton
Flatpot®



Painton
Mini-Flatpot

Välj Er potentiometer hos PAINTON

Ni erbjuds ett komplett program av trim-potentiometrar för militärt och industriellt bruk.

PAINTON TYP 133 ROTATRIM. En ny en-varvig potentiometer som är helt skyddad mot fuktighet, vätskor och damm. Den kan belastas med 0,5W vid 70°C och justerskruven som är självslåsande är försedd med ändstopp. Resistansområde 10 Ω – 20 KΩ.

PAINTON TYP 3280, erbjuder utmärkta data och tillförlitlighet vid alla miljökrav. Endast 9,5 mm i fyrkant. Den är tätad mot

vätskor och justerskruven har stopp i båda ändar. Effekten är 1 W vid 70° C och den finns i resistansområde 10 Ω – 50 KΩ.

PAINTON TYP 200, är en precisionspotentiometer med ½ W effekt vid 70° C, resistansområde 10 Ω – 100 KΩ.

PAINTON TYP 224. 1 W effekt vid 70° C och ½ W vid 125° C med resistansområde 10 Ω – 100 KΩ. Konstruerad för att möta de strängaste militära specifikationerna och besitter den högsta justeringsnoggrannheten och stabiliteten.

PAINTON TYP 271-3-5. Detta är en precisionspotentiometer idealisk för industriella applikationer. Effekten vid 20°C är ½ W och resistansområdet 50 Ω – 20 KΩ.

PAINTON FLATPOT. Kan belastas med 1 W vid 20° C eller ½ W vid 70° C och erbjuder mycket fin justering.

PAINTON MINIFLATPOT, är en miniatyr-trimmer som är 19 mm lång och har en effekt av 0,75 W vid 20° C eller 0,33 W vid 70° C. Anslutningspinnarnas delning är 0,3".

Danmark: Radio-Parts A/S, Köpenhamn.
Finland: OY Flinkenberg & Co. AB, Helsingfors.

Ring oss
redan idag för
datablad
och priser

Painton



ERIK TEGELS VÄG 35, 163 57 SPÅNGA. TEL. 08-36 28 50

Komponenter för de kvalitetsmedvetna



BURR-BROWN
RESEARCH CORPORATION

Nya priser på bättre förstärkare. Några exempel:

Ex 1

Modell 3154/25 är en instrumentförstärkare vars pris ligger under kr 600:-.

Några data:

Inimpedans: 10^{11} ohm

Utström: 80 mA

CMR: 110 dB

Förstärkning reglerbar från 1 till 1000 med ett enda motstånd

Ex 2

Modell 3077/12C är en universalförstärkare i ekonomiklass. Styckepris kr 82:50.

POMONA ELECTRONICS

Ett av marknadens mest omfattande sortiment av:

- Sladdar och kablar
Banan, BNC, N etc
- Bananpluggar 3/4" eller 1/2"
- Övergångar till 3/4" bananplugg från BNC, TNC, N etc
- "Black boxes" med och utan kontakter.

För ytterligare informationer, kataloger och handböcker, kontakta:

Amerikanska Teleprodukter AB
Box 43070, 100 72 Stockholm 43
Tel: 08/18 29 30 - 18 29 39

AMERIKANSKA

teleprodukter

AKTIEBOLAG

PÅ TAL OM...

tillförlitlighet är det passande att påminna om vikten att kunna förutsäga livsförväntan hos en t. ex. halvledarkomponent eller ett motstånd. Många undersökningar och analyser av sambandet mellan brusegenskaperna och kollapsfrekvensen har fullt ut bekräftat nyttan av att använda QTL's brusmätinstrument. Det brus som infinner sig utanpå VKTR-bruset när ett motstånd belastas, är en pålitlig och objektiv indikation av den livslängd man kan vänta. Sambandet är enkelt nog. Ett onormalt brus i ett motstånd måste betyda ett fel av ett eller annat slag, en förträngning, en bristfällig kontakt, en inneslutning av främmande partiklar etc. För transistorer och dioder gäller likaså att brus betyder besvär och att det kan vara ytterst lönande att brustesta alla viktiga transistorer. Tala med oss om dessa saker, vi kan ge Er litteratur att fundera över.

I alla tillförlitlighetssammanhang är det nödvändigt att mäta och mätningarna måste vara att lita på. Vårt program av superba mätinstrument från John Fluke, Micro Instruments, API, General Microwave Corp, Ballantine, Natel, Dranetz, Measurements, Dytronics, MESL innehåller enheter, som är självskrivna i mångt kvalitetskontrollprogram.

Bland de pålitliga komponenter som vi anbefaller i benägen åtanke är Flukes högupplösnings-potentiometrar, Electro Products magnetiska givare, Clairex fotoresistorer, Ceramaseals högtemperatur- och vacuumtåta genomföringar och safirfönster, Arnold Engineerings mjuk- och hårdmagnetiska komponenter av sådan reliabilitet att de normalt ingår ej mindre i kvalitetsprodukter än även i de utrustningar, som provar andra komponenter.

Vid speciella undersökningar, som inte tillåter operatörens fysiska närvaro, kommer våra mångsidigt användbara telemetriutrustningar från Industrial Electronics Corp. väl till pass.

Civilingenjör Robert E. O. Olsson AB

Box 165, 591 01 Motala Tel. 0141/122 29

New York 1961, Academic Press.

(37) HASELMANN, I; HARKNESS, E H: *Tantalkondensatoren mit festem Elektrolyten*. Funk-Technik 1967, nr 1.

(38) DALE LACE, J D: *Characteristics of fixed capacitors*. Elektronik Components 1967, december, och 1968, januari.

HALVLEDARE

(39) STRUTT, M J O; VILLALAZ, C: *Some results of long term lifetests with PNP alloyed germanium transistors*. Microelectronics and Reliability 1968, augusti.

(40) HOLMES, P H; JENNINGS, I C: *Failure analysis of planar transistors*. Microelectronics and Reliability 1968, februari.

(41) YOUNG, M R P; PETERMAN, D A: *Reliability engineering*. Microelectronics and Reliability 1968, februari.

(42) BROWNING, G V: *Failure mechanisms in microcircuits*. 2nd International Symposium Microelectronics 1966, oktober.

(43) PETERMAN, D A: *Physics of Failure in Electronics*. RADC Series in Reliability 1966, nr 4.

(44) ADAMS, J D; HOLDEN, P L: *What is meaningful integrated-circuit reliability?* Electronic Design 1965, 22 november.

(45) VANZETTI, R; MARK, M: *Infra-red: A new approach to thermal measurement for reliability*. IEEE International Convention Record 1966, 21-25 mars, del 9.

(46) SCHAFFT, H A; FRENCH, J C: *Second breakdown and current distributions in transistors*. Solid State Electronics 1966, nr 9.

(47) SCHAFFT, H A: *A survey of second breakdown*. IEEE Transactions 1966, ED-13, augusti/september.

(48) REICH, B: *Factors affecting transistor failure*. Electro-Technology 1966, december.

(49) SCHWARTZ, S: *Integrated circuits in action*, del 4. *Postmortems prevent future failures*. Electronics 1967, januari.

(50) KOEPER, R E: *A Downstream look at IC testing*. EDN 1966, november.

(51) JONES, R O: *PNP transistor stability*. Microelectronics and Reliability 1967, november.

(52) PETERMAN, D; WORKMAN, W: *Infra-red radiometry of semiconductor devices*. Microelectronics and Reliability 1967, november.

(53) HOFSTEIN, S R: *Stabilization of MOS devices*. Solid State Electronics 1967, nr 10.

(54) KHOROUZAN, M; THOMAS, L: *Contamination of aluminium bonds in integrated circuits*. Transactions of the Metallurgical Society AIME 236, 1966, mars.

(55) REINHARTZ, K K; RUSSELL, V A: *Failure mechanisms in thin-film field effect transistors*. Solid State Electronics 1966, nr 9.

(56) LATHAM, G R: *Silicon planar reliability and the future*, del 2. Electronic Components 1966, juni.

(57) ROBINSON, J A: *Transistors: reliability, life and the relevance of circuit design*. Radio and Electronic Engineer 1966, april.

(58) GUEKOS, G; STRUTT, M J O: *Comparative reliability tests on silicon-planar-switching transistors*. Microelectronics and Reliability 1967, maj.

(59) BLANKS, H S: *A comparative glossary of semiconductor devices*. Proceeding Institute of Radio Engineers of Australia 1967, mars.

(60) *Integrated-circuit reliability: myth or fact?* Electronic Design 1967, nr 22.

(61) WORKMAN, W: *Failure modes of integrated circuits and their relationship to reliability*. Microelectronics and Reliability 1968, augusti.

(62) VAHLE, R W: *Second-breakdown tests for germanium-transistor reliability*. Electro-Technology 1967, augusti.

ELEKTROMEKANISKA KOMPONENTER

(62) DINUZZO, S A; GAUGER, R H: *Reliability of plated-through holes in multilayer boards*. IEEE International Convention Record, del 9, 1966, mars.

(64) RENAUT, P W; STATHOS, T: *Evaluating sealed contacts*. Bell Laboratories Record 1966, maj.

(65) LEIGHTON, A G: *Electromechanical switching devices: reliability, life and the relevance of circuit design*. Radio and Electronic Engineer 1966, februari.

(66) SUMMERS, N D: *«Dirt» in relays – its cause, effect and control*. Electronic Components 1966, november.

(67) HÖFT, H: *Über der Zuverlässigkeit von elektrischen Verbindungen*. Nachrichtentechnik 1967, nr 5.

(68) KEISTER, F Z: *Visual inspection standards for parallel-gap soldered joints*. EDN 1966, mars.

(69) KAMENSKY, A: *Performance and reliability of plated multilayer printed wiring joints*. Proceeding Electronic Component Conference, Washington DC 1966.

(70) HOLLEY, J H; BAHUN, C J: *Per-cussive arc welding of electrical interconnections*. IEEE Transactions, PMP-1, 1965, nr 3, december.

(71) HYDE, N E: *Reliability of electromechanical switching devices – an engineer's views*. Microelectronics and Reliability 1967, maj.

(72) DAVIES, T A: *Electrical contacts: Research and reliability*. Component Technology 1967, nr 7.

(73) SHEMILT, H R: *Plated through holes: a reliability assessment*. Electronic Equipment News 1967, oktober.

Litteraturförteckning

ALLMÄNT

- (1) DUMMER, G W A; GRIFFIN, N B: *Electronics Reliability - Calculation and Design*. Oxford 1966, Pergamon Press Ltd.
- (2) MYERS, R H; WONG, K L; GORDY, H M: *Reliability Engineering for Electronic Systems*. New York 1964, John Wiley & Sons Inc.
- (3) von ALVEN, W H: *Reliability Engineering*. New York 1964, Prentice-Hall Inc.
- (4) EBENFELT, H: *Tillförlitlighetsteknik*. Stockholm 1965, L M Ericsson.
- (5) EKLÖF, P; LUNDIN, B; PILSÄTER, B: *Teknisk felanalys av telekomponenter*. 3 delar. FTL-rapport A1010: 28-29-30. Stockholm 1967, april.
- (6) BEST, G E; BRETTIS, G R; LAMPERY, H M: *Physics of failure and accelerated testing*. Electro-Technology 1965, oktober.
- (7) CONEN, B H: *The failure of plastics insulants due to silver migration*. Post Office Electrical Engineers Journal 1966, januari.
- (8) JELINEK, H J; BREEN, H T: *Proper test-point allocation*. Elektro-Technology 1966, juni.
- (9) BROBERG, H: *Statistisk analys av elektroniska kretsar*. FTL A-rapport A 08-2, Stockholm 1968, maj.
- (10) DEIXLER, A: *Zählende und messende Methoden für Zuverlässigkeitsangaben*. Technische Zuverlässigkeit 1967, nr 9.
- (11) WEINER, H: *Möglichkeiten und Grenzen der Zuverlässigkeitserhöhung durch Redundanz in der Nachrichtentechnik* (Teil 2). Nachrichtentechnik 1966, nr 8.
- (12) LUSSER, R: *Reliability through safety margins*. Proceedings of 6th International European Organization for Quality Control Conference 1962, september.
- (13) BIRD, R H: *Advantages and limitations of AOQL and AQL sampling*

schemes. Electronic Components 1966, november.

- (14) BENMANN, H B; LINZMANN, D: *Kritische Einschätzung über Zuverlässigkeitsangaben von Bauelementen und Systemen*. Nachrichtentechnik 1967, nr 5.
- (15) BUZACOTT, J A: *Finding the MTBF of repairable systems by reduction of the reliability block diagram*. Microelectronics and Reliability 1967, maj.
- (16) CREASEY, D J: *Reliability predictions for repairable systems containing redundancy*. Microelectronics and Reliability 1967, maj.
- (17) BURNSTEIN, D C; EPPARD, W H: *Maintenance strategy diagramming*. Proc 1966 Annual Symposium Reliability 1966, januari.
- (18) HIGGINS, J C: *Problems in the specification and assessment of electronic-equipment reliability*. Proceedings of the Institution of Electrical Engineers 1966, september.
- (19) PATERSON, J: *Major causes of equipment unreliability*. Radio and Electronic Engineer 1967, oktober.
- (20) van WAGNER, F R: *Dynamic mechanism reliability by Monte Carlo methods*. 8th Annual ASQC West Coast Reliability Symposium 1967, februari.

MOTSTÄND

- (21) NICHOLS, B H: *Resistor reliability, choice of type and influence of environment*. Microelectronics and Reliability 1967, februari.
- (22) MELAN, E H: *Stability of palladium oxide resistive glaze films*. Microelectronics and Reliability 1967, februari.
- (23) DUMMER, G W A: *Fixed Resistors*. London 1956, Pitman.
- (24) DEAN, E R: *Aging mechanisms in thin resistor films*. Transactions of the Metallurgical Society AIME 236 1966, mars.

(25) PEEK J R: *Prediction of temperature and power handling capabilities of thin-film resistors and circuits*. Proceeding Electronic Components Conference Washington DC 1966.

(26) DÜLL, H: *Zuverlässigkeit und Driftverhalten von Widerständen*. Del 1. Radio Mentor 1967, nr 7.

(27) LAYTON, W T; CULVER, H E: *Characteristics of some chromium resistor films*. Proceeding Electronic Components Conference Washington DC 1966.

(28) FARRELL, J P; LANE, C H: *Cermet resistors by reactive sputtering*. Proceeding Electronic Components Conference Washington DC 1966.

(29) MEAD, M R: *Comparison of screen-printed with vacuum-deposited film resistors under thermal cycling environment*. Microelectronics and Reliability 1968, maj.

(30) DÜLL, H: *Zuverlässigkeit und Driftverhalten von Widerständen*. Del 3. Radio Mentor 1967, nr 9.

(31) HILLENBRAND, W I: *Resistors*. Electronic Products 1967, september.

(32) ZINKE, O: *Widerstände, Kondensatoren, Spulen und ihre Werkstoffe*. Berlin - Heidelberg - New York 1965, Springer-Verlag.

(33) HAND, F R: *Failure mechanisms in resistors*. AD 641 858, Defense Documentation Center, Washington DC 1966, oktober.

KONDENSATORER

(34) St JOHN, G A; CHAIKIN, S W: *Properties and life performance of silicon monoxide capacitors*. IEEE Transactions, PMP 2 1966, nr 1/2, mars/juni.

(35) GIRLING, D S: *Capacitors - reliability, life and the relevance of circuit design*. Radio and Electronic Engineer 1966, juni.

(36) YOUNG, L: *Anodic Oxide Films*.

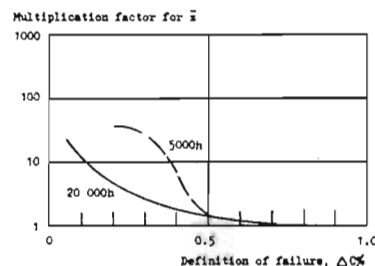
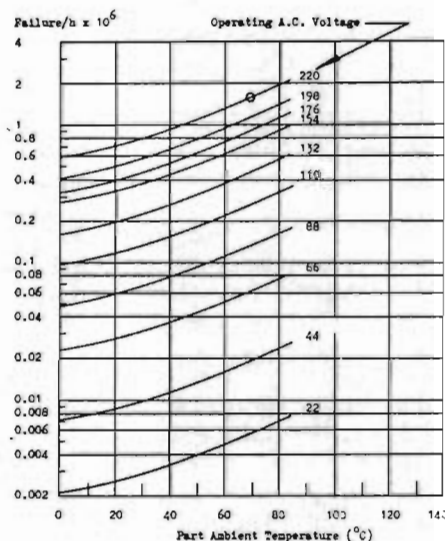
RELIABILITY INFORMATION

Failure Rate Data

User's classification
Kind of component, Manufacturer's type
Metallized Paper Capacitor
fixed, A.C., oil-impregnated, Z6555

26	FRD card No. 579	Date 8.12.67	Supersedes card -	Reference input information 152.30.40.20-2	Signatures																														
Component identification and design limits	Manufacturer XXX XXX	Diagram of design limits																																	
	Version/Batch -	Date of manufacture 07.64	Tolerance ±10%	Stability -																															
	Ratings 220V~ at 70°C, 1.5-68μF																																		
	Type approval status, Test report No -																																		
Reported reliability information	Value tested 4μF	Actual ratings 220V~ at 70°C	No. tested 20	Functional state Continuous function	Stress factors																														
	Environment +70°C, in test chamber			Application Laboratory life test	Thermal 0.0																														
	Definition of failure open- or short-circuit				Electrical 1.0																														
	$\Delta C > 1\%$ $\tan \delta > 0.7\%$				Total 1.0																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Average failure rate, λ failures/h$\times 10^6$</th> <th colspan="2">Time interval for average failure rate h</th> <th rowspan="2">Mean wear-out life, mw</th> <th rowspan="2">Lifetime distributions, parameter estimates</th> <th rowspan="2">Accumulated time, T 10³ h</th> <th rowspan="2">Number of failures, r</th> </tr> <tr> <th>Point estimate</th> <th>Upper limit, 50% confid</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Failure mode I</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Failure mode II</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>1.55^①</td> <td>2.03</td> <td>25 000</td> <td>-</td> <td>exponential</td> <td>0.45</td> </tr> </tbody> </table>				Average failure rate, λ failures/h $\times 10^6$	Time interval for average failure rate h		Mean wear-out life, mw	Lifetime distributions, parameter estimates	Accumulated time, T 10 ³ h	Number of failures, r	Point estimate	Upper limit, 50% confid	Failure mode I							Failure mode II							Total	1.55 ^①	2.03	25 000	-	exponential	0.45	Information supplied by XXX XXX
	Average failure rate, λ failures/h $\times 10^6$	Time interval for average failure rate h		Mean wear-out life, mw		Lifetime distributions, parameter estimates	Accumulated time, T 10 ³ h					Number of failures, r																							
		Point estimate	Upper limit, 50% confid																																
	Failure mode I																																		
	Failure mode II																																		
	Total	1.55 ^①	2.03	25 000	-	exponential	0.45																												
Reliability information	Failure mode I				Application Factors to be applied to Failure Rate Curves below																														
	Failure mode II				Ground	Ship-board																													
	Total	0.70	0.91		Stationary	Vehicle																													
User's classification	Kind of component, Manufacturer's type Met. Paper Capacitor, Z6555			Company code -	IDEF code 152.30.40.20	M code M2422																													

① 50% upper confidence limit



Note: ΔC reaches a maximum after 5000 h and then decreases.

som abonnerar på systemet. Tab 1 visar fördelningen av FRD-korten på de olika komponentlagen och ger också uppgifter om det antal komponenttimmar på vilka FRD-kortens uppgifter baseras.

Ett typiskt FRD-kort visas i fig 1, där man ser att informationen är uppdelad i tre olika grupper, dvs information som härstammar huvudsakligen från tillverkaren, den rapporterade tillförlitlighetsinformationen och den normaliserade tillförlitlighets-

hets-informationen. Exemplet visar ett fall där man med hjälp av underlaget kan få fram tillsatskurvan, som visar hur felintensiteten varierar för olika definitioner av fel. Som tidigare nämnts kan definition av fel vara rätt godtycklig. En konstruktör har betydligt större nytta av en tillförlitlighetsinformation som visar hur felintensiteten varierar med olika definitioner av fel. Lägg märke till hur kapacitansen enligt fig 1 ökar fram till en viss tidpunkt och sedan

sakta återgår till det ursprungliga värdet. Av denna anledning har två kurvor medtagits, den ena för 5 000 timmars drift, där kapacitansökningen var störst, och den andra för 20 000 drifttimmar, som motsvarar den totala tiden för undersökningen.

De normala FRD-korten kompletteras vid lämpliga intervaller med sammanfattningskort som ger en översikt över redan utgivna kort, grupperade efter komponenttyp.

Informationskällor för tillförlitlighetsdata

□ □ Med undantag av den bank för tillförlitlighetsdata som finns vid Försvarets Teletekniska Laboratorium (FTL) är de flesta datasamlingar inte tillgängliga för allmänheten. Dessutom är de uppgifter som finns om existerande samlingar mycket sparsamma; de som finns gäller huvudsakligen amerikanska militära inrättningar enligt följande:

FARADA – BUWEPS Failure Rate Data Program (amerikanska marinen)

IDEP – Interservice Data Exchange Program (alla tre vapengrannarna)

DDC – Defence Documentation Center, Washington (utgivare av icke-klassificerade rapporter)

RADC – Air Force Reliability Central (amerikanska flygvapnet)

PRINCE – NASA Parts Reliability Information Center (rymdforskningsorganisation)

Alla dessa samlar specifik information om specifika komponenter, inklusive mekaniska och hydrauliska. Icke specifika informationer har sammanförts i Military Standardization Handbook (MTL-HDBK-217A). Tillförlitlighetsdata har där ställts samman efter komponentslag och -typ enligt MIL-specifikationerna, dock utan uppdelning i fabrikat.

En ny informationskälla kommer snart att bli tillgänglig, nämligen EXACT – International Exchange of Authenticated Electronic Components Performance Test Data – som väntas börja sin verksamhet inom kort. Avsikten med EXACT är att västeuropeiska länder jämte USA, Kanada och Japan skall utbyta provnings- och tillförlitlighetsdata, vilkas autenticitet har bekräftats av huvudorganen inom respektive land.

En stor del av den erforderliga tillförlitlighetsinformationen kan i allmänhet erhållas från komponenttillverkarna. Alla större förbrukare av komponenter har upprättat eller kommer att upprätta egna databanker, som behandlar specifika typer och fabrikat. Dessa företag offentliggör dock i allmänhet inte de informationer de samlat.

För att den stora efterfrågan skulle tillgodoses bildades databanken vid FTL för insamling och distribution av data. Informationen förmedlas främst i form av »Failure Rate Data Cards» (FRD-kort).

FRD-KORT

Avsikten med FRD-korten är att ge specifik information om olika komponenter av angivna fabrikat och därmed skapa en grundval för prediktering av tillförlitlighet och för komponentval vid nykonstruktioner.

Artikelförfattaren har i stor utsträckning medverkat vid insamlingen och bearbetningen av de data som ligger till grund för FRD-korten. Dessa data utgörs av provnings- och fältdata från såväl tillverkarna som komponentförbrukarna. Genom granskning av underlaget och genom direkt kontakt med dem som lämnat uppgifterna samt genomgång av deras provningsresurser, felrapporteringsystem och statistiska metoder kan man få informationens riktighet bekräftad.

Cirka 700 FRD-kort har hittills utarbetats. Därav har ca 500 sänts ut till dem

Komponenttyp	Utarbetade FRD-kort		Totalt antal komp.tim		Medelantal komponenttim/kort, 10 ⁶ h
	antal	%	10 ⁶ h	%	
Motstånd					
massa-	9	1,3	308,7	3,8	34,22
kolskikt-	25	3,6	141,4	1,7	5,66
metall/metalloxid,					
film-	57	8,3	1 224,9	15,1	21,51
prec-, trådlind-	26	3,8	128,7	1,6	4,95
effekt-, trådlind-	18	2,6	172,2	2,1	9,60
varierbara	5	0,7	12,6	0,2	2,52
Fasta kondensatorer					
papper och plast-	47	6,8	301,6	3,7	6,42
metalliserade	28	4,1	102,5	1,2	3,66
keramik-	19	2,8	35,4	0,4	1,86
glas och porslän-	27	3,9	163,4	2,0	6,05
glimmer-	3	0,4	49,6	0,6	17,53
alum- elektr	21	3,1	18,1	0,2	0,86
torr tantal	35	5,1	310,8	3,8	8,81
våt tantal	7	1,0	32,9	0,4	4,68
Halvledare					
Ge-dioder	14	2,0	4 147,5	51,0	296,20
Si-dioder	30	4,4	110,9	1,4	3,70
Ze-dioder	29	4,2	59,8	0,7	2,07
övriga dioder	11	1,6	9,3	0,1	0,84
Ge NPN transistorer	10	1,5	24,6	0,3	2,46
Ge PNP transistorer	47	6,8	449,7	5,5	9,58
Si NPN transistorer	84	12,2	93,5	1,1	1,12
Si PNP transistorer	25	3,6	47,0	0,6	1,89
Integrerade kretsar	62	9,0	153,9	1,9	2,49
Elektronrör	24	3,5	78,0	1,0	3,25
Induktanser	10	1,5	9,1	0,1	0,91
Omkopplare	15	2,2	(16 395)	—	(1 095)
Summa	688	100	8 186,1	100	—

Tab 1. Statistik över utarbetade FRD-kort. Uppgifter om provningens omfattning för omkopplare gäller komponentcykler. Värdena inom parentes är därför ej medtagna i summan.

Kommentarer och kompletteringar

Med anledning av de diskussioner som uppkommit efter publiceringen av denna serie, skall här beröras några av de frågor som diskuterats.

VARIERBARA MOTSTÅND

I vissa fall utförs »ombakning» av motstånd för att justera resistansvärdet även när det gäller varierbara motstånd av massatyp. Eftersom resistansen sakta återgår till det ursprungliga värdet, kan sådan ombakning avslöjas genom lämplig ankomstk kontroll på samma sätt som för fasta massamotstånd.

Värdena på grundfelintensiteten hos trådlindade varierbara motstånd av trimtyp har av många ansetts vara för höga. Detta är emellertid en fråga om hur ett fel skall definieras. De värden som har citerats på annat håll gäller enbart för själva resistansbanan och oftast en bana med lågt resistansvärde (dvs relativt grova trådar). Tar man hänsyn till övergångsresistansen mellan resistansbanan och den rörliga kontakten sedan denna stått stilla i värme en tid, finner man att felintensiteten är avsevärt högre även för motstånd med lågt resistansvärde, i synnerhet när strömmen genom den rörliga kontakten är låg.

TANTALKONDENSATORER

Torra tantalkondensatorer tål en felpolaritet av någon volt. Våta tantalkondensatorer däremot förstörs mycket lätt av spänningar med fel polaritet. Undersökningar vid drift med -1 V likspänning respektive 2 V växelspanning (topp till topp) visar i båda fallen, att felintensiteten är ca $1\,200$ gånger så hög som den är vid drift med märkspänning av rätt polaritet. Felmoden är genomgående kortslutning.

HALVLEDARE

Beträffande strömförstärkningens strömberoende hos en transistor kan nämnas att kollektorströmmen för maximum h_{FE} nästan alltid ligger vid 10% av den max tillåtna kollektorströmmen. Man kan fråga sig om tillverkarens förfarande vid bestämningen av max dataström för en ny transistortyp är att helt enkelt sätta den lika med 10 gånger den ström där h_{FE} har ett maximum (utom naturligtvis för speciella lågströmstransistorer).

Kapacitansen hos selendioder har angivits till 2 nF per cm^2 . Kapacitansen är emellertid mycket spänningsberoende och varierar mellan 2 nF per cm^2 vid märkspänning och 30 nF per cm^2 vid 0 V. Temperaturkoefficienten för framspänningsfallet är ca $-0,3\%$ per $^\circ\text{C}$ över 23°C och ca $-0,5\%$ per $^\circ\text{C}$ under 23°C . Avforme-

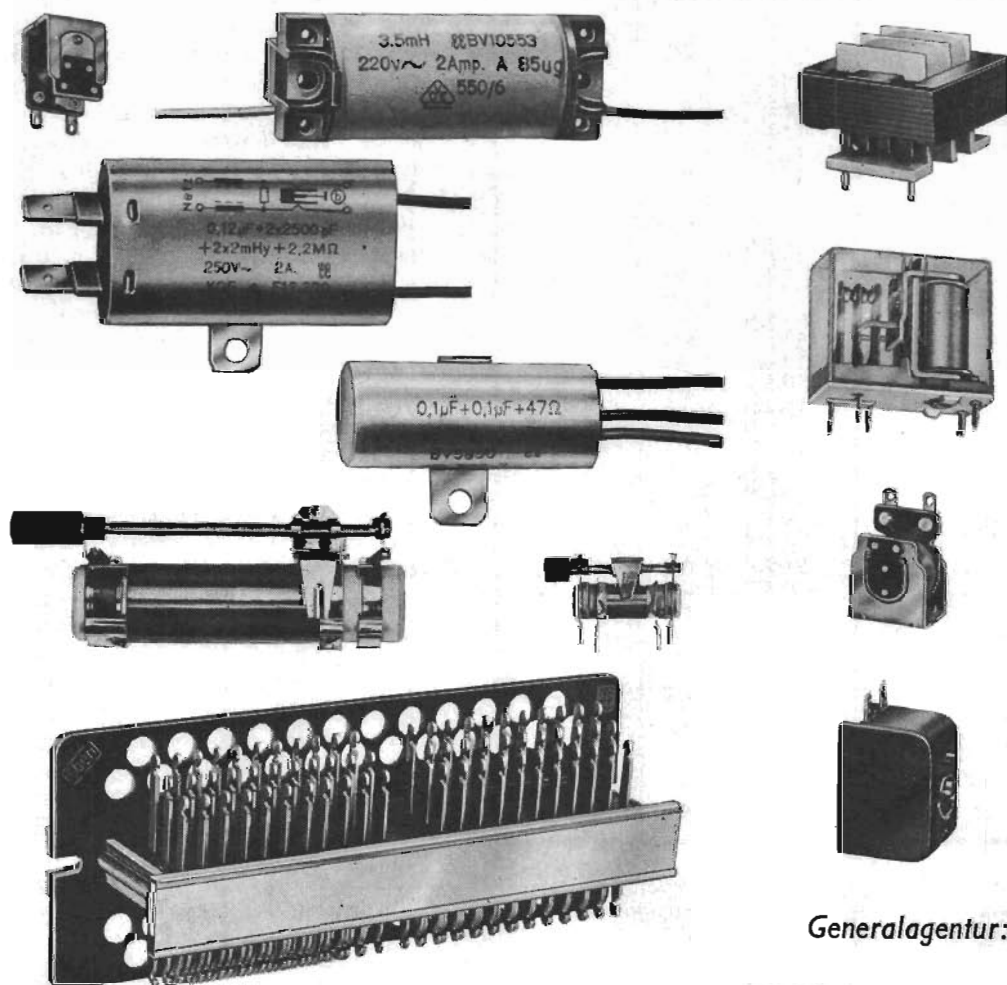
ring av selenplattor påskyndas vid temperaturer under -20°C . Även korta drifttider vid låga temperaturer orsakar en icke reversibel höjning av framspänningsfallet med ca 10% .

RELÄER

Intermittent klibbning av tungelementkontakter har alltmär uppmärksamats, främst från tillverkarnas sida. Vissa resultat tyder på att risken för klibbning ökar ju närmare man kommer utslitningsperioden i »badkarskurvan». Under ca 5 V är felintensiteten tämligen konstant med antalet arbetscykler. Vid spänningar över 12 V kommer man fortare in i utslitningsperioden ju högre spänningen är, och ju högre strömmen är vid en given spänning desto brantare inträder utslitningsperioden.

SIFFERRÖR

Sifferrören har liknande egenskaper som stabilisatorrör. De fungerar ned till ca -50°C , men livslängden avtar kraftigt vid temperaturer under 0°C . Detta beror på hållspänningens stora negativa temperaturkoefficient (ca $-0,25\%$ per $^\circ\text{C}$), som i samband med den låga inre impedansen orsakar en kraftig ökning av strömmen vid sjunkande temperatur om röret inte drivs från en konstantströmkälla. □



Även Ni borde använda KOMPONENTER från EICHHOFF

här visar vi en del av deras
produkter

- miniatyr-reläer
- spindelmotstånd
- småtransformatorer
1—80 VA
- kontaktdon 22—154 pol.
- sumrar
- kondensatorer och stör-
ningsskydd

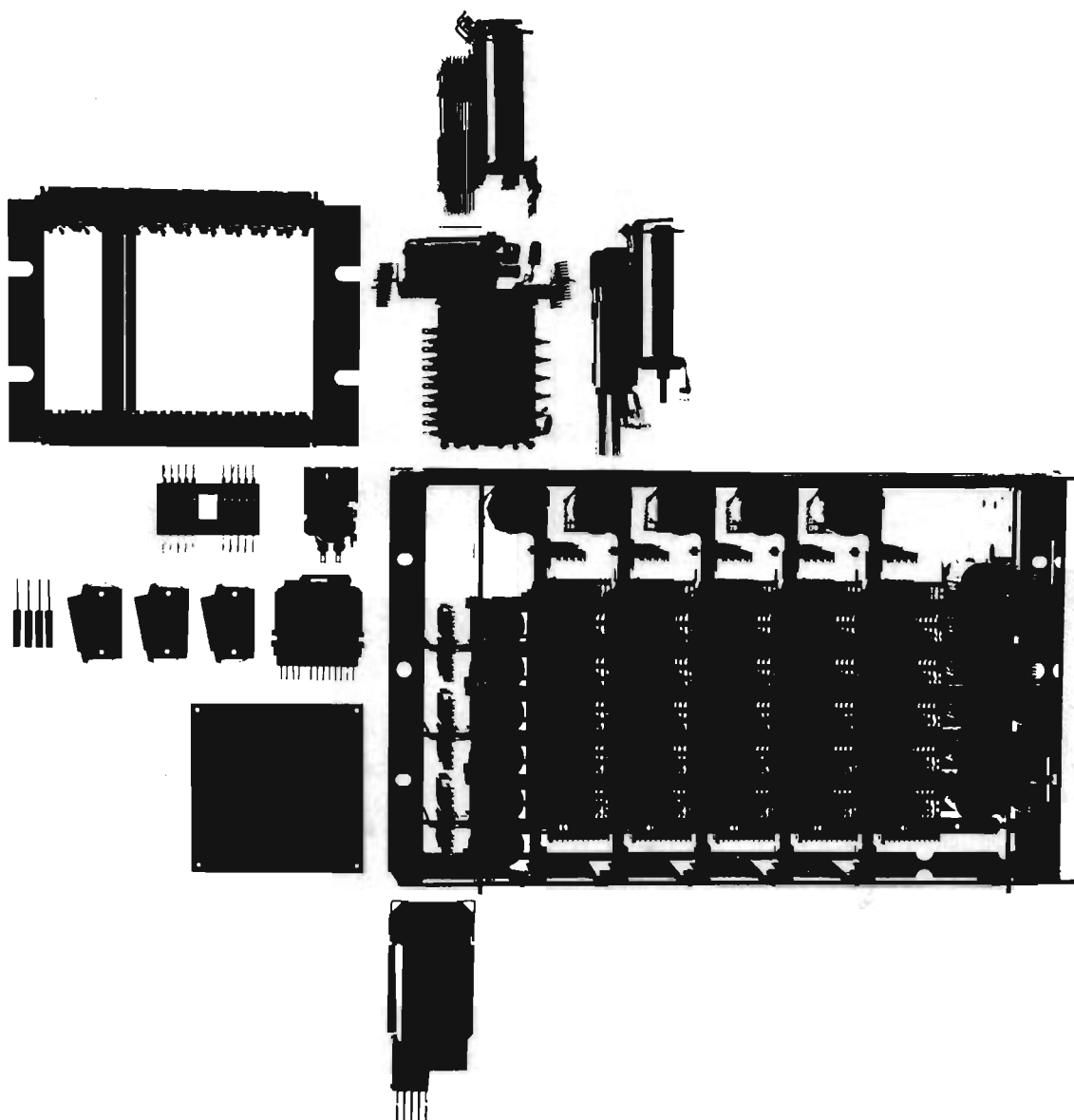
samtliga enheter med
lödanslutning eller för tryckta
kretsar

Vi sänder gärna datablad med
ytterligare information.

Generalagentur: **MEHKS & Co AB**

Jacob Westinsgatan 2,
112 20 Stockholm K. Tel. 08/50 70 09

75



Avancerade komponenter med definierad kvalitet och livslängd

Inom teletekniken har tillförlitlighet aldrig varit enbart ett slagord. Teletekniken har på grund av sin komplicitet och sin ansvarsfulla uppgift i kommunikationens tjänst alltid krävt **definierad** kvalitet och tillförlitlighet hos komponenterna.

När dagens konstruktörer av telekommunikationssystem, satelliter, robotvapen, radar och flyg ställer höga krav på komponenterna, står vi väl rustade. LM Ericssons komponenter har definierad funktionssäkerhet och livslängd med data redovisade enligt internationella kvalitetsnormer. Ring eller skriv till oss för både normala och kvalificerade komponenter.

**LM ERICSSON
TELEMATERIELAB**

STOCKHOLM Box 23039, 104 35 Stockholm 23, 08-22 31 00
GÖTEBORG Fack, 421 20 V. Frölunda 1, 031-45 05 00
MALMÖ Fack, 200 22 Malmö 3, 040-757 20
ÖREBRO Fack, 700 07 Örebro 7, 019-13 63 20
SUNDSVALL Fack, 851 01 Sundsvall 1, 060-12 34 30



att höja tillförlitligheten – speciellt för att man skall kunna identifiera de avvikelser i strukturen som inte inverkar på de normala elektriska parametrarna men som påverkar tillförlitligheten. Försök med tillförlitlighetsgallring i stor skala medelst infrarödmätningar förefaller knappast vara lönsamma med hänsyn till den relativt blygsamma minskning som uppnås i felintensiteten.

Spänningens inverkan på tillförlitligheten är också av stort intresse. Resultaten av flera prov visar att höga driftspänningar ökar felintensiteten påtagligt.

Om man bortser från ren utveckling av ny teknik är mycket av utvecklingsarbetet för integrerade kretsar inriktat på möjligheten att använda tunna metalliseringar. Man undersöker speciellt vilka metaller i tunnfilmsform som får ligga i kontakt med varandra utan att olämpliga metallurgiska förändringar uppstår. Mätning av ändringen i resistivitet vid övergångar anses ge ett bra mått på metallurgiska förändringar. Man har speciellt inriktat arbetet på att undersöka övergångar mellan guld och aluminium samt aluminium och kisel-dioxid, då dessa kombinationer visat sig vara »svåra».

Man räknar med att kunna förbättra såväl integrerade kretsar som planarhalvledare genom att utveckla andra metoder än de termiska, som man nu utnyttjar för att framställa kisel-dioxidskiktet. Man hoppas även att dessa nya metoder skall göra det möjligt att använda flerlagriga förbindningar.

Elektromekaniska komponenter

Resultat från prov med fasta organiska klorider tyder på att tillförlitligheten hos kontakter kan ökas, dels genom bibehållen låg kontaktresistans i slutet tillstånd, dels genom en avsevärd minskning av slitaget tack vare dessa kloriders smörjande egenskaper. Verkan är särskilt gynnsam för guld-, silver- och kopparkontakter upp till +100° C. □

Tab 1. Minimum felintensitetsvärden för olika komponenttyper under förutsättning att stress och miljö är optimala. Vissa typer som utgör alternativval och som har påtagligt högre värden är ej medtagna.

Komponenttyp	Min felintensitet $\bar{z}/10^6\text{h}$		Med inskränkning till
	Påvisad	Predikerad	
Fasta motstånd			
massa-	0,0004	0,0001	<1 Mohm ΔR 20 %
kolskikt-	0,006	0,002	<100 kohm
metallfilm-	0,0005	0,0001	< 30 kohm
metalloxid-	0,0008	0,0001	< 10 kohm
trådl, precision-	0,002	0,0005	< 50 kohm
trådl, effekt-	0,005	0,001	< 10 kohm
Variierbara motstånd			
plast-	0,01	0,002	<100 kohm
trådl, effekt-	0,02	0,007	< 5 kohm
trådl, precision-	0,02	0,007	< 10 kohm
Fasta kondensatorer			
papper-	0,002	0,0005	0/+50°C
MP-	0,003	0,0005	2-lagriga
papper/plast-	0,0005	0,0001	0/+50°C
polyester-	0,001	0,0003	<100 V~
polystyrol-	0,008	0,001	<100 V~
polykarbonat-	0,01	0,005	<100 V~
lackfilm-	0,01	0,006	0/+40°C
keramik-, låg ϵ	0,002	0,0005	<100 V=
glimmer-	0,002	0,0002	<100 V=
glas och porslin-	0,001	0,0002	0/+70°C
Al elektr	0,01	0,002	+10/+30°C
Tantal-, torr	0,005	0,001	0/+50°C
Tantal-, våt	0,002	0,0003	0/+50°C
Transistorer			
Ge PNP, lågeffekt-	0,005	0,0002	+20/+50°C, U < 20 V
Ge PNP, effekt-	0,006	0,001	+20/+50°C, U < 20 V
Ge NPN, lågeffekt-	0,08	0,01	+20/+50°C, U < 20 V
Si PNP, lågeffekt-	0,02	0,005	+20/+80°C, U < 15 V
Si NPN, lågeffekt-	0,007	0,0003	+20/+80°C, U < 15 V
Si NPN, effekt-	0,04	0,005	+20/+80°C, U < 15 V
Integrerade kretsar	0,01	0,003	+20/+70°C
Dioder			
Ge punkt-	0,006	0,0002	+20/+40°C
Ge skikt-	0,005	0,0002	+20/+40°C
Si lågeffekt-	0,001	0,0002	+20/+60°C
Si zener-	0,02	0,005	+20/+40°C
Tyristorer	0,01	0,004	+20/+70°C
Vakuümör, normala	0,5	0,4	< 1 000 h
Vakuümör, långlivs	0,1	0,06	<10 000 h
Gasfyllda rör, Referensrör	0,1	0,05	<20 000 h
Strömställare och omkopplare	0,01	0,003	1 V < U < 50 V
Reläer			
telefon-	0,001	0,0003	
kvicksilver-	0,01	0,001	
tungelement-	0,01	0,003	
Anslutningsdon			
med flata stift	0,02	0,001	
med runda stift	0,1	0,02	
Förbindningar			
najade	0,000007	0,000004	Resultaten härstammar från ca 10^{10} förbindningstimmar
lödda	0,0001	0,0001	och kan betraktas som representativa för bästa praxis i dag.
skruvade	0,002	0,001	
svetsade	0,002	0,001	
pressade	0,02	0,005	

Tillförlitlighet i framtiden

□ □ Som tidigare berörts finns det gränser för den tillförlitlighetsgrad som kan bevisas genom direkt provning. Efter som utrustningarna blir mer och mer komplicerade och innehåller allt fler komponenter, måste tillförlitligheten hos varje komponent ökas om medeltiden mellan fel skall kunna hållas oförändrad för hela utrustningen. Tillförlitligheten kommer med all sannolikhet att kunna ökas genom ökad tillämpning av sådan felanalys som direkt penetrerar felmoden. Mycken information skulle kunna erhållas från utrustningar under drift, men det är sällsynt att detaljer offentliggörs i en sådan form att informationen är praktiskt användbar. Allvarligast är kanske att inte alla fel rapporteras. Detta beror på mänskliga och administrativa faktorer, vilket till en del förklarar varför tillförlitligheten hos komponenter i praktisk drift ofta skenbart är högre än beräknat. I industriella anläggningar är det sällsynt att mer än 10 % av inträffade fel rapporteras till de instanser som är ansvariga för tillförlitligheten. Även hos speciella militära projekt, som är underkastade ett noggrant felrapporteringsförfarande, är det svårt att uppnå 50 %. Bland de fel som inrapporteras på utrustningar i drift på fältet finns alltid en betydande andel som inte är egentliga fel men som bidrar till att vilseleda dem som skall behandla informationen.

Det är av allmänt intresse att indikera de lägsta värden som kan uppnås på felintensiteten hos olika komponenttyper, om man vid konstruktionen skall ta hänsyn till maximal tillförlitlighet i gynnsammaste möjliga miljö. Att fullfölja detta är dock i normala fall opraktiskt ur ekonomisk synpunkt. I tab 1 anges de värden som är påvisade genom provning och de värden som uppskattas vara realiserbara idag. Dessa senare värden har erhållits genom kombinerad och extrapolering av befintliga värden och får betraktas som en »best estimate». Alla värden i tab 1 är betydligt lägre än motsvarande uppgifter som har publicerats på annat håll. En förklaring till detta kan vara att tab 1 representerar modernare praxis än andra publikationer.

Det råder inget tvivel om att tillförlitligheten hos de flesta komponenttyper ökar från år till år. Mest markant är förbättringen hos integrerade kretsar och aluminium-elektrolytkondensatorer. Mindre påtaglig är förbättringen hos effekttransistorer och många elektromekaniska komponenter. Det bör dock påpekas att resultaten från tillförlitlighetsundersökningar gäller endast för de definitioner av fel och därmed de mätförfaranden som har tillämpats i varje enskilt fall. Värdet på felintensiteten är relevant för en viss konstruktion endast om de testdata, på vilka det är baserat, avser parametrar av aktuellt intresse.

NYA UTVECKLINGAR

Motstånd

Flera försök pågår i syfte att utveckla billiga motstånd som i fråga om avbrott har massamotståndens goda egenskaper kombinerade med filmmotståndens resistansstabilitet. Dessa utvecklingsarbeten görs med hjälp av tjockfilm- eller cermetteknik eller man använder ledande keramik, där metall och keramik ersätter kolelet och kvartsen i det traditionella massamotståndet. Stabiliteten och temperaturkoefficienten visar goda värden, men ett problem återstår att lösa, nämligen att reducera risken för katastroffel under de första 100 drifttimmarna.

När det gäller tunnfilm-motstånd är ansträngningarna huvudsakligen inriktade på att klarlägga de fenomen som påverkar skiktet. Hos metallfilm-motstånd kan filmens sammansättning avvika avsevärt från den ursprungliga legeringens, både från individ till individ och mellan olika delar av samma individ. Sammansättningen är inte heller homogen i skiktet, vilket ger upphov till onormala resistansändringar under drift. Jonvandringen påverkas dels av underlaget, dels av likspänning. Jonerna bildar lokalt föreningar med skiktet och ger upphov till påtagligt hög resistivitet i vissa punkter. Detta leder till punktvis överhettning med avbrott som resultat.

Kondensatorer

Undersökningar visar att alla kondensatortyper – med undantag för elektrolytkondensatorer – har en högre tillförlitlighet när deras dielektrikum är homogent och fritt från sådana svaga punkter, till vilka läckströmmar brukar koncentreras och på elektrokemisk väg förstöra ett allt större område. Man försöker därför utveckla folier med bättre mekaniska och elektriska egenskaper.

Även keramikkondensatorer påverkas av liknande nedbrytningsfenomen. Hos de flesta typerna av sådana kondensatorer har man kunnat påvisa att onormala icke-linjära ström-spänningsförhållanden är bevis på nedsatt tillförlitlighet.

Många försök pågår med att få fram en aluminium-elektrolytkondensator som är lämplig för temperaturområdet -65 till $+125^{\circ}\text{C}$. De resultat som hittills uppnåtts är lovande, men man har ännu inte kunnat påvisa att tillförlitligheten hos dessa kondensatorer vid normala temperaturer är lika hög som för konventionella typer. Undersökningar av nya, mindre aggressiva elektrolyter pågår i avsikt att reducera läckströmmar och höja tillförlitligheten inom temperaturområdet -40 till $+85^{\circ}\text{C}$. För närvarande provas kondensatorer med dielektrikum av plast som är »impregnerade» med material med högt ϵ -värde. Om problemen med renhet och jonvandring kan lösas kommer dessa kondensatortyper att fylla ett stort behov. Deras låga specifika volym gör att de är mindre känsliga för radioaktiv strålning.

Resultat från provning i stor skala av metalliserade plastkondensatorer visar att isolationsresistansmätning efter ett inbränningsprov är ett effektivt sätt att gallra ut »svaga systrar» och därmed höja tillförlitligheten.

Halvledare

Många undersökningar har satts igång för att klargöra felmekanismer med tonvikt på sekundärt genombrott, »channeling», metallisering och bonding. Det anses vara viktigt att kunna konstruera giltiga accelererade prov och gallringsförfaranden för

**Miljöprovning
Miljömätningar**

**Funktionssäkerhets-
beräkningar**

**Komponentundersökningar
Kvalitetskontroll**

**Tekniska
specifikationer**

**behöver Ni hjälp
med det?**

Vi har utrustning, erfarenhet — och kapacitet

Ring 08/63 15 00

och tala med Bert Runåker, Henrik Broberg eller Bengt Pilsäter



Försvarets Teletekniska Laboratorium

FOA3 · Fack · 104 50 Stockholm 80

typ) är outhärligt för de flesta undersökningar, och man bör även ha möjligheter att fotografera, helst i färg. Foton – speciellt av nya objekt och nya feltyper – bör tas under varje större etapp i undersökningen, eftersom det alltid finns risk för att felstället kan bli förstört p g a oavsiktlig påverkan.

Röntgenutrustning är ett mycket värdefullt hjälpmedel, speciellt om den är kombinerad med fotografisk utrustning. Man kan då i vissa fall »fotografera felet» utan att göra några ingrepp i komponenten. Om avancerade röntgenutrustningar används är det möjligt att samtidigt ta färgbilder. Färgerna blir helt andra än de som uppfattas av blotta ögat.

Speciella undersökningsutrustningar, såsom elektronmikroskop, apparatur för röntgendiffraktion, spektograf, infrarödapparatur osv, finns vanligen endast på större laboratorier. Detsamma gäller utrustning för kemisk mikroanalys, som är ett utmärkt hjälpmedel för felanalys men som måste handhas av specialister. Ofta kan man utföra värdefull analys med relativt enkla medel under förutsättning att rätt teknik tillämpas.

En av svårigheterna vid felanalys är att fastställa på vad sätt felet uppkommit. Tillgängliga uppgifter om felets uppkomst visar sig ofta vara oriktiga, och det är därför nödvändigt att utsätta felfria komponenter av samma typ för »misshandel» för att försöka framkalla samma beteende som hos det felaktiga exemplaret. Hos exempelvis massamotstånd är felbeteendet beroende av resistansvärdet, belastningens varaktighet, av huruvida matningen betar sig som en konstantström- eller konstantspänningskälla osv. Även lika motstånd av olika fabrikat kan ha olika felmoder vid samma slag av överbelastning.

Vissa fel yttrar sig endast under vissa omständigheter, t ex vid låga eller höga temperaturer, vid låga eller höga spänningar osv. Man måste därför ha tillgång till mätutrustning som kan användas utanför det normala mätområdet. Oscillografiska metoder är värdefulla för att påvisa diskontinuiteter, eftersom mycket låga mätspänningar (ca 1 mV) kan användas vid dessa.

FELMEKANISMER

Många felmekanismer är direkt förknippade med en viss tillverkningsmetodik och komponenttyp. Några felmekanismer är emellertid av sådan art att de förekommer hos många komponenttyper, dock med betydande modifikationer. Nedan lämnas en kort redogörelse över några ofta förekommande felmekanismer.

Avbrott

Eftersom komponenternas anslutningstrådar måste vara lätta att löda skiljer de sig vanligen i metallurgiskt avseende från övriga metaller i komponenten. Förbindningen mellan trådarna och den metall till vilken de är anslutna utförs genom pressning, lödning eller svetsning och utgör alltid en »svag punkt» i konstruktionen. Material som är olämpliga för detta ändamål kan fordra en teknik som är svårapplicerad eller tidsödande. Själva tekniken kan vara opålitlig och ge upphov till »missar» som inte upptäcks vid kvalitetskontrollen. Detta är ofta fallet vid svetsning av mycket klena detaljer, t ex hos halvledare och trådlöda motstånd. Vid vissa lödningsmetoder uppstår metallurgiska förändringar i närheten av lödstället vilka ökar risken för korrosion. Det har också hänt att man valt ett material som inte ens fuktats av lödtennet.

Avbrott kan uppkomma till följd av mekanisk överbelastning, t ex vibration, eller vid hantering och montering. Stum inlödning och ändring av komponentens läge efter inlödningen utsätter övergångsstäl-lena och andra svaga punkter för mycket stora påfrestningar. Interna avbrott kan uppstå som resultat av dimensionsförändringar, och dessa avbrott kan inte alltid påvisas genom mätningar vid normala spänningar. Dragavbrott förorsakade av krympning hos ingjutningsplasterna är särskilt förrådiska.

Korrosion och fukt

Frätning av ledande material kan leda till avbrott, men de korrosionsprodukter som uppstår kan också ge upphov till kortslut-

ningar. Fukt är oftast en bidragande orsak och dess verkan påskyndas av likspänning. Fukt kan ligga kvar i komponenten alltsedan tillverkningen eller absorberas från omgivningen under den tid komponenten lagras eller är i drift. Om fukt i en okänslig del av komponenten »vandrar» till en känslig del, kan fuktskador uppstå utan att komponenten har utsatts för fuktig miljö. Ett fuktprov med efterföljande felanalys kan vara mycket värdefullt när man vill bestämma om en komponent innehåller beståndsdelar som är oförenliga. Om den gör det, finns risk för nedsatt tillförlitlighet. Korrosionsprodukter sänker isolationsnivåerna och leder oftast till kortslutning när isolationsavståndet är litet. Tunna ledare, såsom metalliserade skikt i integrerade kretsar, fräts lätt av. Vissa metaller är korrosionsbeständiga endast vid fri tillförsel av luft. Om de stängs in i ett slutet utrymme uppstår ofta fläckvis korrosion, vilket snabbt leder till avbrott när dimensionerna är små.

Metallurgiska förändringar

Upprepade mekaniska påkänningar leder till förändringar i metallens kristallstruktur, med ökad sprödhet som resultat. Vissa legeringar är icke-stabila under vissa driftförhållanden; i extrema fall kan de upplösas av andra legeringar. Sådana problem har man haft i vissa typer av integrerade kretsar och metallfilm-motstånd.

Föroreningar

Icke önskvärda främmande material kan tillföras en komponent, antingen till följd av bristfällig kvalitetskontroll av råmaterialet eller p g a kontaminering under tillverkningen. Man har haft motsatta problem med t ex vissa sällsynta metaller som utvunnits ur nickel avsett för rörkatoder. Det visade sig dock sedermera att vissa av dessa »föroreningar» var nödvändiga för emissionseffektenskaperna.

Bestämningen av föroreningar kan vara mycket svår att göra; man måste ofta utnyttja mikroanalys eller spektografiska metoder. □

lunda provningsförfarande inte riktigt passar in i fig 1.

De allra flesta komponenttillverkare har provplatser för samtidig provning av 2 000–10 000 komponenter; endast ett tiotal har resurser för provning av mer än 250 000 komponenter samtidigt. De flesta av dessa är halvledartillverkare.

Vid tillförlitlighetsprovning har man således det problemet att ju större krav som ställs på en komponent, desto svårare är det, både praktiskt och ekonomiskt, att bevisa att komponenten uppfyller dessa krav. Det torde knappast bli möjligt att helt eliminera behovet av tillförlitlighetsprovning, trots att man under senare år har utvecklat en ny metod, nämligen för felanalys.

FELANALYS

Avsikten med felanalys är att fastställa orsaken till ett fel och helst även att utröna vilken mekanism som utlöst felet. Komponenttillverkarna har under många år ställts inför problemet att avgöra huruvida en returnerad felaktig komponent har skadats till följd av felaktig användning eller om den varit behäftad med tillverkningsfel. Under de senaste åren har man i USA utvecklat denna teknik så långt att den nästan är en vetenskap i sig själv. Den har fått benämningen »Physics of Failure».

Några av fördelarna med felanalys är att den ofta ger ett snabbt svar och att den ökar möjligheten att fastställa felets orsak. Det sistnämnda innebär också att man får större möjligheter att verkligen

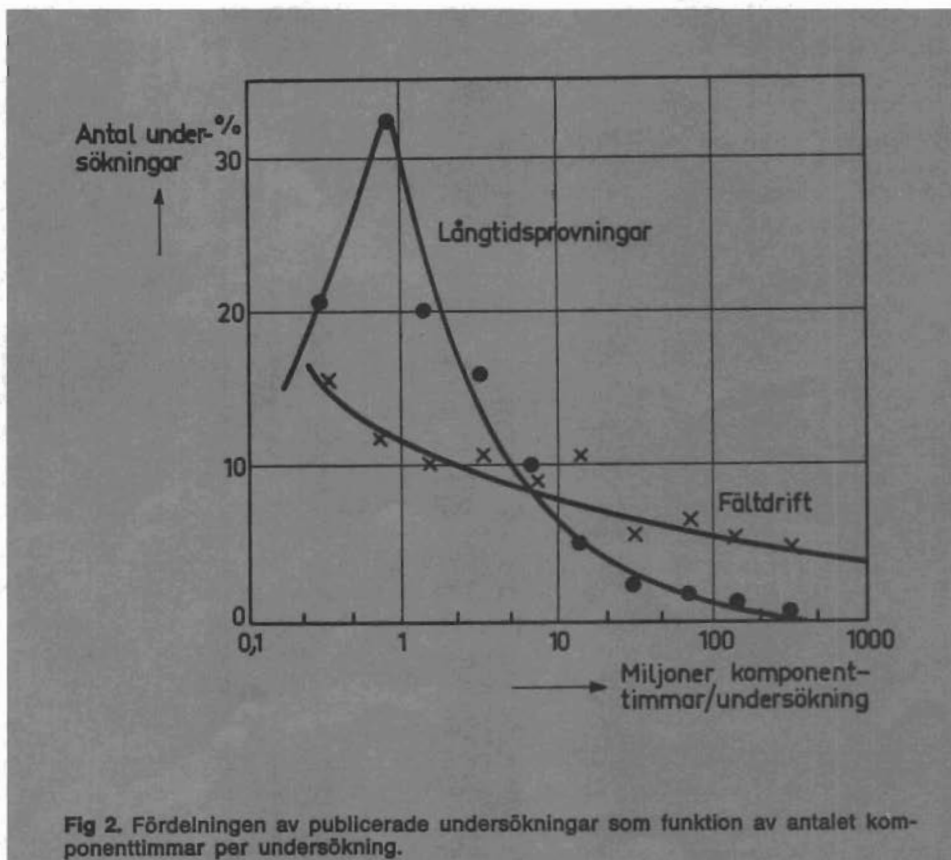
eliminera felet utan risk för att orsaka en annan typ av fel. Felanalys är också till nytta för vidareutvecklingen av komponenter, eftersom man får en viss kännedom om komponenternas fysiska och kemiska reaktioner. Den ger också ett snabbare och säkrare svar än permutationer av olika provningar. Genom felanalys får tillverkaren bättre kännedom om sina produkter och därigenom minskas risken för försämrad tillförlitlighet, tex på grund av en skenbart bagatellartad ändring i råmaterial eller tillverkningsförfarande. Den kan också ge värdefull information om i vilken grad olika stressfaktorer kan påverka tillförlitligheten och underlättar därmed »konstruktion» av ändamålsenliga accelererade provningar, tillförlitlighetsgallring osv.

Felanalys har också den fördelen att den i många fall kan utföras med en relativt enkel utrustning. Kostnaden för och komplexiteten hos utrustningen är emellertid beroende av den komponenttyp som skall undersökas. Den personal som utför analysen måste vara väl kvalificerad inom de aktuella områdena och även ha vissa »detektivegenskaper».

Felanalysens utförande

För att felanalysen skall kunna bidra till att öka tillförlitligheten måste ett fel betraktas som ouppklarat till dess man finner orsaken till felets uppkomst. För att analysera fel måste man ha tillgång till lämpliga verktyg, så att man kan öppna och »dissekera» komponenterna. Det är självklart att dissekeringen inte får påverka felstället i något avseende. Därför bör lämpliga metoder användas, tex långsam nedslipning enligt metallografiska metoder och kemisk upplösning av täckande hinnor. Oftast är det nödvändigt att gjuta in komponenten under nedslipningen för att skador skall undvikas. Många kemiska lösningar är mycket aggressiva, tex sådana lösningsmedel som man använder för att ta bort emalj och epoxiharts.

Ett bra mikroskop (helst av binokulär



Felmekanismer och felanalys

□ □ I det inledande avsnittet av denna artikelserie redogjordes för de reservationer och begränsningar som måste iakttas vid tillämpning av tillförlitlighetsdata. Det kan vara förenat med stora svårigheter att få fram sådana data och det är även tidsödande och dyrbart. I *fig 1* visas några olika kombinationer av komponentantal och provningstider som är nödvändiga för att bevisa en viss felintensitet. Figuren bygger på antagandet att ett fel inträffar under provningstiden eller att kurvorna gäller för noll fel och 60 % övre konfidsgräns. Inträffar flera fel måste antalet komponenttimmar ökas i motsvarande grad. Som synes krävs det både långa provningstider och ett stort komponentantal även för att bevisa en så relativt blygsam felintensitet som $0,01/10^6\text{h}$. Längre provtider än ett år är opraktiska vid utveckling eller kvalitetskontroll. Å andra sidan kan resultat erhållna under korta provtider inte tillämpas i praktiken. Om ett litet antal komponenter provas blir resultatet missvisande, beroende på att alla felbeteenden inte blir representerade. Att prova ett stort antal komponenter blir emellertid mycket dyrbart, eftersom det krävs stort utrymme och effektförbrukningen blir stor. Ett väl avvägt tillförlitlighetsprov kräver därför kompromisser mellan flera olika valmöjligheter, där många faktorer är direkt oförenliga.

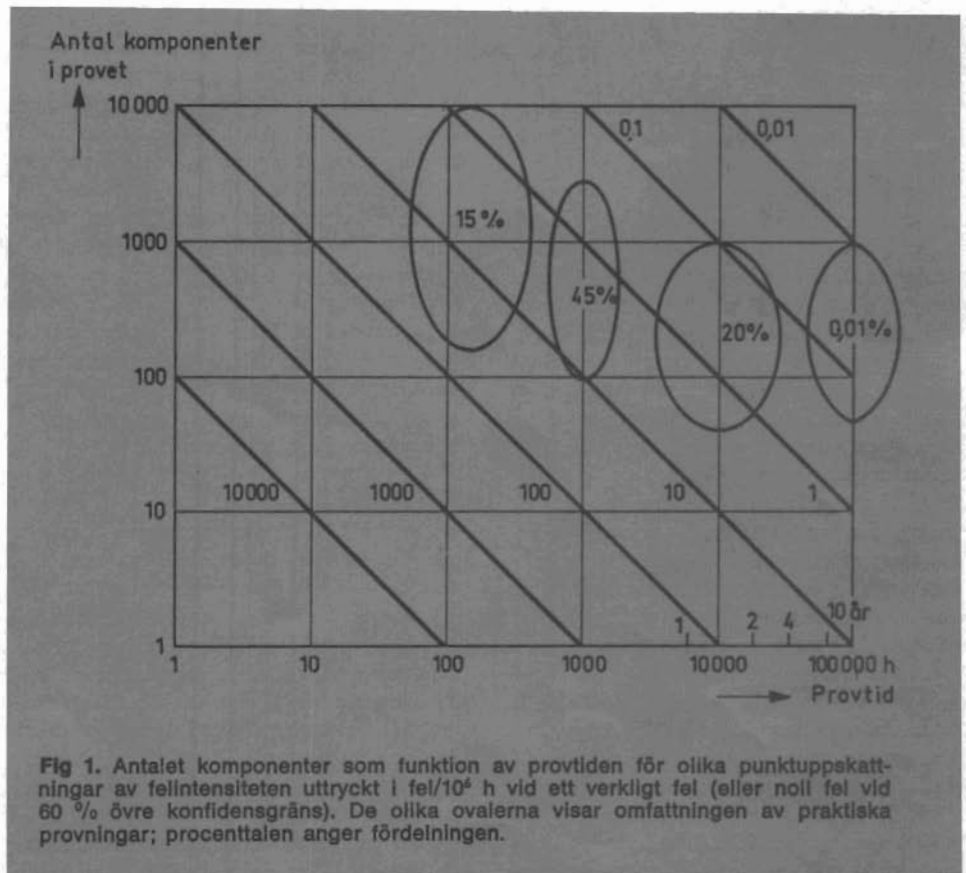
De ovala områdena i *fig 1* indikerar komponentantal och provningstid för publicerade tillförlitlighetsdata. Procenttalet inom ovalerna anger andelen av det totala komponentantalet. Ovalen längst till vänster gäller huvudsakligen för halvledare; de flesta resultaten kommer från kvalitetskontroll eller AQL-provning (Acceptable Quality Level). Eftersom provningen varar endast några hundra timmar och komponenterna ofta provas under mycket accelererade stressförhållanden, är resultaten sällan användbara i praktiken utom för inbördes jämförelse mellan olika komponenttyper.

Den oval i *fig 1* som innefattar ca 45 % av alla provade komponenter gäller också huvudsakligen för halvledare. Dessa tillförlitlighetsdata har erhållits vid tillförlit-

hetsprovning enligt militära eller liknande krav. Resultatet av dessa prov är avgörande för fortsatt typgodkännande av komponenterna i fråga. I mindre utsträckning är även motstånd och kondensatorer representerade, dock främst precisionstyper eller typer med hög tillförlitlighet. Ovalen med 20 % avser främst motstånd och kondensatorer samt ett fåtal halvledare, som speciellt undersökts. En del av dessa resultat kommer från provningar där komponenterna utsatts för påkänningar som är mindre än de maximalt tillåtna. De är därför direkt tillämpliga i praktiken.

Endast en bråkdelens promille av alla komponenter har provats i 10 år eller mer. För många komponenttyper har inga resul-

tat publicerats av provningar som varat i över ett år. I dessa fall är konstruktören tvungen att tillämpa sin egen erfarenhet eller utgå från de resultat som erhållits med komponenterna i praktisk drift. Resultat från provningar som pågått under mycket lång tid visar i vissa fall oväntade förändringar hos komponenterna. Det finns därför anledning att misstänka att liknande förändringar inträffar även hos komponenttyper som hittills inte har underkastats sådana provningar. Många av dessa förändringar kan dessvärre inte förutsägas genom kortare, accelererade provningar. De återstående 20 procenten innefattar alla komponenttyper, även elektromekaniska komponenter, som på grund av ett annor-



Tab 1. Tillförlitlighetsdata för elektronrör

Typ	Tid till slutet av inkörningsperiod (h)	Tid till början av utslitningsperiod (kh)	Grundfelintensitet vid 20°C /10 ⁴ h
Vakuumbör			
Småsignallrör, mottagarrör	100–200	1–3	2–20
rör för militärt bruk	20–100	2–5	0,5–2
långlivsrör	0–100	10–15	0,1–2
Effektrör,			
mottagarrör	100–200	1–2	5–50
rör för militärt bruk	50–200	1–3	1–5
långlivsrör	0–100	5–10	0,5–3
Gasfyllda rör			
Spänningsreferensrör	100–300	30–50	0,1–0,8
Stabilisatorrör	50–200	8–20	0,5–2

Anm. Grundfelintensiteten gäller under intervallet mellan inkörnings- och utslitningsperioderna vid belastningsförhållanden enl databladets "Typical Operation". För dubbelrör multiplicera z med 1,6 och för trippelrör med 2,5.

men överstiger några tiotal μA försvinner skiktet och isolationen blir åter spännings-tålig, men fenomenet ger upphov till en puls som kan förorsaka en felaktig funktion. Med hänsyn till detta bör tillåtna spänningar aldrig överskridas. Man kan också använda en katod utan magnesium, men en sådan har orimligt lång aktiveringstid.

GLÖDSPÄNNING

Det är mycket viktigt att man använder rätt glödspänning eftersom denna bestämmer katodtemperaturen och därmed rörets livslängd. I den vanliga oxidkatoden består skiktet huvudsakligen av bariumoxid. Emissionen från katoden baseras på att fria bariumatomer frigörs från oxiden genom reducering, som är temperaturberoende, eller genom elektrolys, som är beroende av katodströmmen.

Om fritt barium förbrukas fortare än det alstras, sjunker emissionen. Hög förbrukning kan orsakas av »förgiftning», genom att främmande ämnen i form av föroreningar inklusive gaser förenar sig med barium. Detta sker framför allt vid katodtemperaturer som ligger under de normala och vid elektrodspänningar som är högre än de normala. Hög anod- eller skärmgallertemperatur ökar också förgiftningsrisken till följd av »avgasning» från såväl elektroden som glaset.

Emissionen kan minska om katodmaterialet även innehåller små mängder kisel. Kisel har fördelen att den ökar hållfastheten hos nickel vid högre temperaturer men kan göra att det bildas ett bariumsilikat-skikt mellan nickeln och oxiden. Detta skikt är relativt dåligt ledande och bildas fortare ju lägre katodströmmen är och ju varmare katoden är. Skiktet minskar strömmen ytterligare och förorsakar dessutom negativ återkoppling.

Alltför låg katodtemperatur innebär sålunda risk för förgiftning, medan hög katodtemperatur innebär risk för »interfacebildning», speciellt när katodströmmen är låg eller obefintlig (strykt tillstånd). För sådana tillämpningar finns speciella rör.

ÖVRIGA FAKTORER

Som redan nämnts har alltför hög kolvtemperatur menlig inverkan på rörets tillförlitlighet. Temperaturen bör vara under 125°C (se fig 3). Vissa skärmburkar kan höja temperaturen 50–100°C, medan andra som har fjädrar vilka gör kontakt med

kolven, kan sänka temperaturen 50–75°C under värdena för en kolv utan skärm.

Gallerström kan ge upphov till fel i vissa kretsar. Galleremission uppstår om styrgallret blir belagt med katodmaterial eller om det blir för varmt. Gas i röret kan ge upphov till negativ gallerström. Apparatkonstruktören kan dock minska inverkan av gallerström genom att hålla resistansen styrgaller – katod så låg som möjligt.

De vanligaste felen hos elektronrör är degradationsfel och dessutom förekommer katastroffel, avbrott och kortslutningar. Definitionen av degradationsfel varierar, men ofta avses med detta begrepp att brantheten vid viss arbetspunkt understiger 70 % av den undre begynnelsegränsen.

Uttrycket »livslängd» avser ibland medellivslängd, ibland den tid efter vilken en viss procent av rören måste kasseras. Normalt kan livslängd inte omräknas till felintensitet utan att vissa faktorer beaktas. För oxidkatodrör är livslängden för normalkvaliteter 1 500–2 000 timmar och för långlivstyper 10 000–15 000 timmar. Motsvarande felintensiteter är typiskt 10 respektive 1 per 10⁴ h för en nedgång i brantheten av 30 %. Vid längre drifttider ökar felintensiteten kraftigt; röret har då kommit in i utslitningsperioden.

STABILISATORRÖR

En gasfylld diod har egenskaper som gör att den lämpar sig mycket bra som stabilisator- eller spänningsreferensrör. För spänningar över hållspänningen är den inre impedansen låg. Hållspänningen är väldefinierad och relativt konstant även under längre perioder. För att röret skall tänka fordras att tändspänningen överskrids, och den ligger ofta 20–30 % över hållspänningen. När röret är släckt uppgår läckströmmen till några μA .

Hållspänningen bestäms av katodmaterialen och typen av gas i röret. Som regel

har spänningsreferensrör ett strömmråde, inom vilket förhållandet mellan de övre och undre gränserna är inskränkt till 1:2–1:5. Hållspänningen ligger inom området 80–85 V. Den inre impedansen är 200–300 ohm och är således lika stor som impedansen hos zenerdioder för samma spänningsområde. Temperaturkoefficienten, som är negativ, är 0,003 % per °C. Den är således betydligt lägre än för motsvarande zenerdiod, som har ca 0,1 % per °C. Om röret drivs med optimal ström ökar hållspänningen ca 0,5 % under de första 1 000 drifttimmarna och ytterligare 0,5 % från 1 000 till 10 000 timmar. I sådana fall är referensrören stabila än motsvarande zenerdioder. Vid temperaturer över 100°C och vid högre strömmar tenderar spänningsökningen att bli tio gånger så hög. I drift kan plötsliga spänningssprång på några mV förekomma.

Stabilisatorrör tillverkas för hållspänningar från 75 till 150 V, och tillåtet strömmråde är betydligt bredare än för referensrör. Livslängden avtar mycket snabbt om strömmen överskrider den max tillåtna, se fig 4. Vid låga strömmar kan stabilisatorrören ha en negativ inre impedans. Normalt är impedansen 80–200 ohm. Temperaturkoefficienten hos hållspänningen varierar mellan 0,002 och 0,03 % per °C. Spänningsstabiliteten under 10 000 drifttimmar är –1 till +10 %.

Både hos stabilisatorrör och referensrör förändras hållspänningen kraftigt om rören ansluts med felaktig polaritet eller utsätts för överströmmar. Tändspänningen och tändtiden ökar om rören används i apparatur som är inbyggd eller kapslad så att rören arbetar i totalt mörker.

Felmoden hos de båda nämnda rörtyperna har formen av ökad håll- och tändspänning, dvs tendens till avbrott. Lämpliga värden för definition av fel är $\Delta V > +1\%$ för referensrör och $\Delta V > +10\%$ för stabilisatorrör. □

Elektronrör

□ □ Trots att halvledare helt har ersatt elektronrören i många nya tillämpningar har antalet tillverkade rör per år varit tämligen konstant under de sista fem åren. Jämfört med halvledarkomponenter har elektronrören de fördelarna att ingångsimpedansen är högre, fasvridningen oftast försumbar och hos rör med skärm-elektroder är in- och utgångskretsarna mycket väl isolerade från varandra.

En stor nackdel med elektronrör är att de »slits ut». De måste därför betraktas som förbrukningsartiklar när de används i konstruktioner av vilka man kräver betydande livslängd. Deras låga elektriska verkningsgrad – orsakad huvudsakligen av glödeffektförlusten – gör också att rörens värmealstring vid relativt hög temperaturnivå alltid är ett problem.

Impedans- och spänningsnivån hos elektronrör ligger en eller flera storleksordningar över motsvarande nivåer hos halvledare. Detta kan vara till fördel eller nackdel, beroende på användningsområdet. Rör har bättre förmåga än halvledare att tåla överspänningar men betydligt sämre förmåga att tåla mekaniska stötar eller vibrationer.

MEKANISK UPPBYGGNAD

Ett elektronrör innehåller ett stort antal svetsar, som var och en utgör en potentiell felkälla, i synnerhet vid vibrationer och intermittent drift. Speciella svetsmetoder, såsom dubbelsvetsning, mellanlänkar av »svetsvänliga» material och noggrann kontroll av både personal och utrustning, tillämpas därför vid tillverkning av sk långlivs-rör.

Rörens konstruktion måste vara mekaniskt stabil så att risken för mekaniska avbrott minskas och modulering av anodströmmen undviks. Eftersom den mekaniska hållfastheten minskas med ökande temperatur, kan detaljer som har betryggande hållfasthet i kallt tillstånd försvagas avsevärt när de uppvärms. Detta gäller speciellt katoden och glödtråden, som ofta har temperaturer på 750–850° resp 1 100° C. Ostabilitet kan uppstå om elektrodstöden nöter mot glimmerskivorna, och därför är det mycket viktigt att man fäster stöden i glimmerskivan så att risken för sådan nötning elimineras.

De flesta elektronrör som tillverkas idag är av helglaskonstruktion. Dessa har

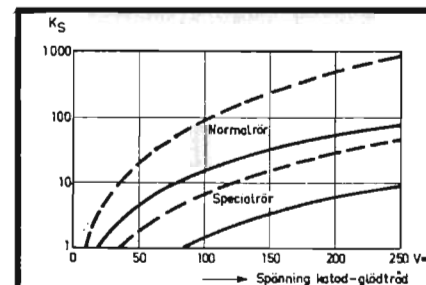


Fig 1. Multiplikationsfaktorn K_S som funktion av spänningen katod-glödtråd. Heldragen linje avser positiv katod och streckad linje negativ katod.

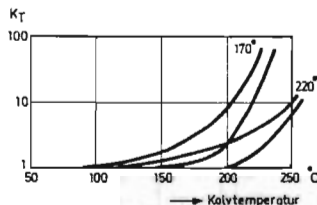


Fig 3. Multiplikationsfaktorn K_T som funktion av kolvtemperatur för rör med maximitemperaturer på 170°C respektive 220°C. De övre kurvorna gäller när temperaturen alstras huvudsakligen av rörets effektutveckling och de undre kurvorna gäller när omgivningstemperaturen är avgörande.

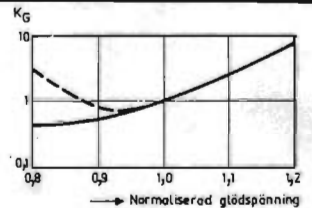


Fig 2. Multiplikationsfaktorn K_G som funktion av den normaliserade glödspänningen. Den streckade linjen gäller när risk för katodförgiftning föreligger.

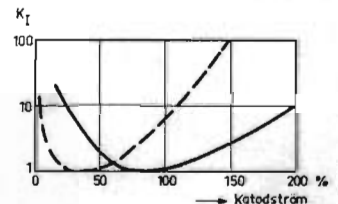


Fig 4. Multiplikationsfaktorn K_I som funktion av normaliserad maximal katodström i gasfyllda dioder. Den heldragna linjen avser referensrör och den streckade linjen stabilisatorrör.

bättre beständighet mot fukt och temperaturändringar än de med bakelitsocklar, men om man skall kunna undvika sprickor i glaset vid stiftens måste rörhållaren vara konstruerad på rätt sätt och ha rätta toleranser. Om man använder långlivs-rör av inlödningstyp undviker man en del problem. Glaset kan emellertid i sig självt ha inre spänningar om anlöpningen inte är rätt utförd. Detta bör kontrolleras genom undersökning med polariserat ljus. En kombination av hög likspänning och hög temperatur kan orsaka elektrolytisk nedbrytning av glaset. För kvalificerade tillämpningar bör såväl rorstift som rörhållarkontakter vara förgyllda.

ELEKTRODISOLATION

För att en felfri kretsfunktion skall erhållas måste isolationen mellan rörets elektroder alltid överskrida en viss miniminivå. Många isolationsfel uppstår mellan katoden och glödtråden. Dessa fel beror

av potentialskillnaden mellan katod och glödtråd, som helst inte bör överstiga några få volt, speciellt om tillverkaren inte anger maximala tillåtna spänningen katod – glödtråd. Risken för fel är mindre om katoden är positiv i förhållande till glödtråden än om den är negativ. Se fig 1. Kretslösningar där katoden är positiv i förhållande till glödtråden är dock i de flesta fall mindre lämpliga. Den yttre resistansen mellan glödtråd och katod bör vara så liten som möjligt och aldrig överstiga 20 kohm.

Om katoden innehåller metaller som lätt förångas, t.ex. magnesium, kan dessa belägga de isolerande ytorna med ett tunt ledande skikt. Detta skikt gör sällan direkt kontakt med elektroder, men isolationsresistansen blir mycket spänningsberoende. Detta innebär att isolationen kan vara fullgod upp till en viss spänning, varefter isolationsresistansen snabbt reduceras till ett mycket lågt värde. Om kortslutningsström-

till- förlitlighet!

SKALL MAN KRÄVA
AV PRODUKTEN!

MEN ÄVEN
LEVERANTÖREN SKALL
VARA TILLFÖRLITLIG!

AB NORDQVIST & BERG ÄR DET!



HUGHES
AIRCRAFT

Beckman



INTERNATIONAL RECTIFIER

AGASTAT



AB NORDQVIST & BERG
ARBETAR MED AVANCERADE
ELEKTRONIKKOMponenter
FRÅN NÅGRA AV VÄRLDENS
LEDANDE FABRIKANTER,
SAMTLIGA MED
EUROPAORGANISATION
OCH LAGERHÅLLNING.
DET GER
LEVERANSKAPACITET
OCH GOD LAGERHÅLLNING
HOS OSS!

VÅRA TEKNIKER STÅR GÄRNA
TILL TJÄNST MED ALLA
INFORMATIONER NI ÖNSKAR
OM VÅRT PROGRAM.

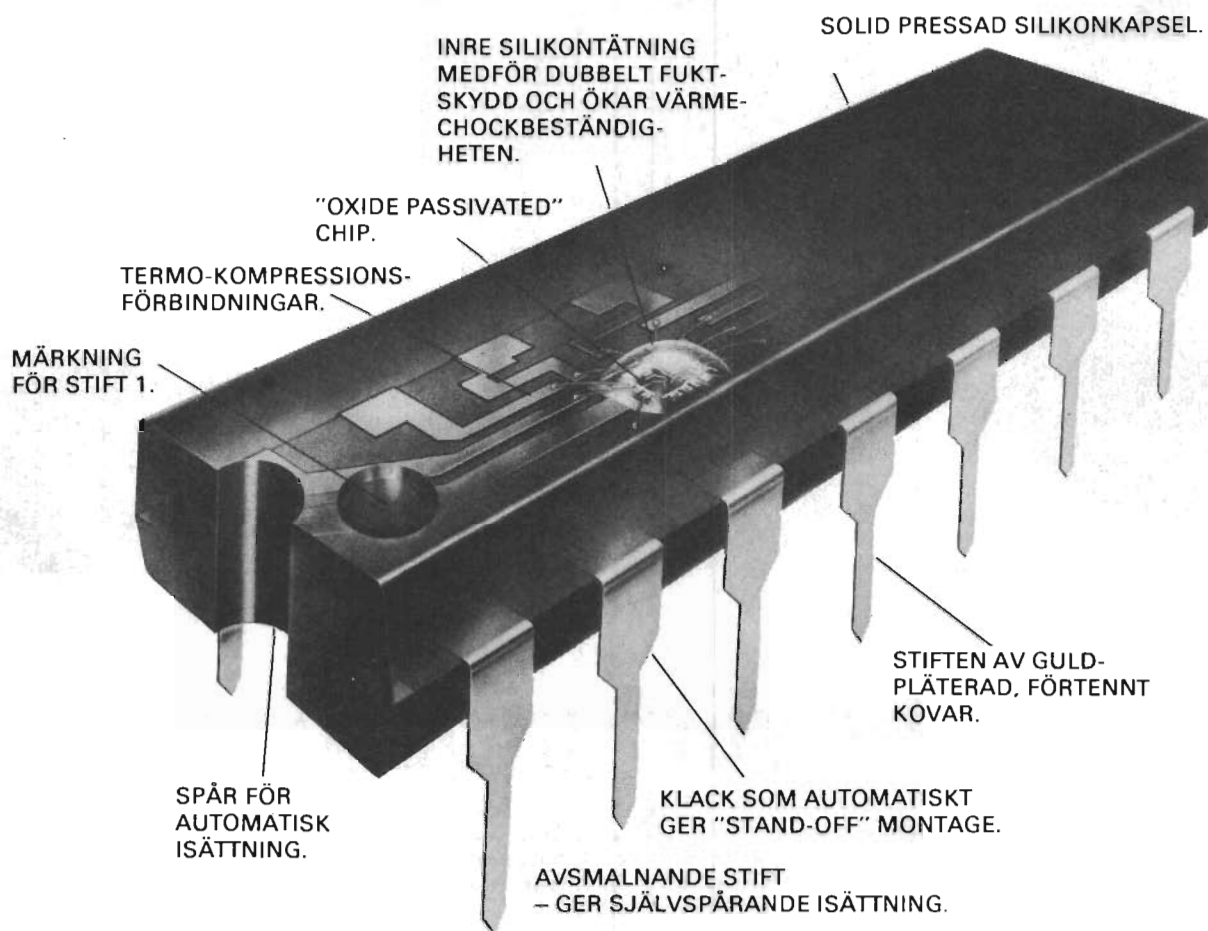
AB NORDQVIST & BERG **NIB**

BOX 4125 102 62 STOCKHOLM 4 TEL 08/44 99 80



SIGNETICS

DUAL-IN-LINE SILIKONKAPSEL



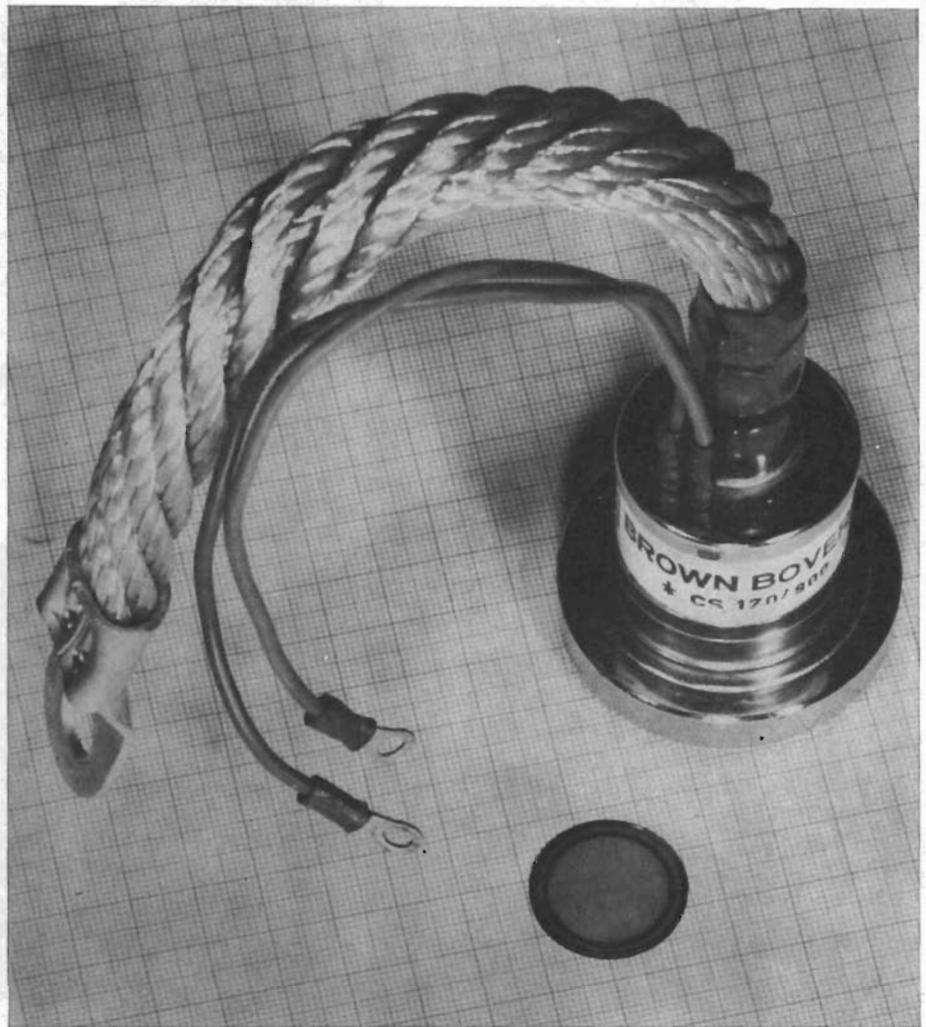
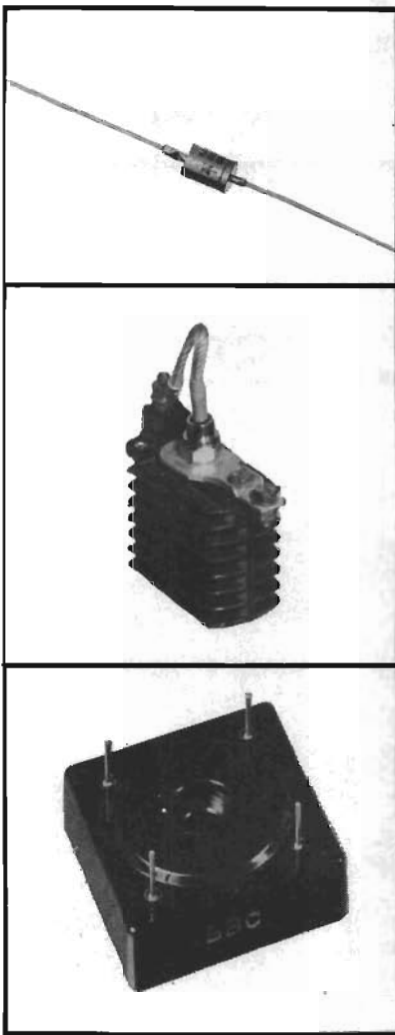
SIGNETICS silikon-kapslade mikrokretsar i A- och B-kåpa, då det gäller mycket tillförlitliga militära och industriella applikationer. Kretsarna uppfyller MIL-STD-750 och MIL-STD-202, vad beträffar miljökrav och accelerade driftprov, såsom 2 500 tim. för polariserad fuktbeständighet, 2 500 tim. med omvänd polaritet under hög temperatur, 40 kg mekanisk chock, 240-perioders termisk chock och accelererat fuktprov avseende tryck-temperatur (tryck-kokning).

SIGNETICS kretsar förekommer rikligt i de flesta amerikanska satellitprogram t.ex. APOLLO, MARINER 67, 69 och 71, NIMBUS och VOYAGER.

Rekvirera gärna SIGNETICS PRODUCT RELIABILITY REPORT, SILICONE PACKAGING QUALIFICATION REPORT, 5400/7400 HANDBOOK och UTILOGIC HANDBOOK.

A.B. Kung Källman

Järntorget 7, 413 04 Göteborg. Tel. 031/17 01 20



heldiffunderade kiseldioder och kiselyristorer

BROWN BOVERI levererar:

Dioder 0,5 A — 250 A
Kompleta likriktarsatser
och likriktaräggregat
Högspänningslikriktare

Tyristorer 1 — 250 A
Elektroniska styr- och reglersatser
för tyristorkopplingar "Minitronik"
Anslutningsklara strömriktarenheter
med inbyggda elektroniska styr-
och reglersatser

Anläggningar för högsta förekommande strömmar

Drottninggatan 50–52 • Stockholm C
Tfn 08-24 87 30 • Telex 1823

S:t Pauligatan 31 A • Göteborg Ö
Tfn 031-19 45 63/64 • Telex 20898

BROWN BOVERI
SVENSKA AKTIEBOLAG



HÖR NI TILL DOM SOM TROR...

SYLVANIA

Fiberoptikrör



...ATT SYLVANIA BARA TILLVERKAR ELEKTRONRÖR

Vad sägs om:

INTEGRERADE KRETSAR

SUHL-serierna (Sylvania Universal High Level) i DIP eller Flat Pac, kapslade i keramik eller epoxy, är marknadens mest kompletta TTL-logik program. Till detta kommer den växande gruppen av MSI-system samt SA 20-serien — 100 Mhz videoförstärkare.

eller KATODSTRALERÖR

Fiberoptikrör, flerfärgsrör och computerdisplays med extrem upplösning, är de senaste tillskotten till ett program, omfattande det mesta från färg-TV-rör till monoscopes. Sylvania erbjuder nu också färdiga indikatorer, kompletta med högspännings- och avlänkningsenheter.

eller MIKROVÄGSKOMPONENTER

Integrerade Schottky Beamlead dioder är det nya i programmet av blandare, detektorer, varactor-, tunnel- och switchdioder. SYA, en serie avstämbara Avalanche diod oscillatorer för X-bandet, med effekter mellan 10—100 mW. SYG, X-Ka band triplers. Både SYA och SYG är helt solid-state och i miniatyrutförande för koax eller vågledare.

eller DIODER och LIKRIKTARE

Nu finns integrerade diodmatriser som är utrymmebesparande. Dessa kompletterar de mer konventionella glas- eller epoxykapslade germanium- och kiseldioderna.

eller LASER

Högeffekt CO₂ och YAG lasrar med ljusmodulatorer och fotomultiplikatordetektorer som tillbehör.

eller INDIKATORTABLAER

Dessa består av elektroluminiscenta universaltablaer med bokstäver, siffror eller symboler i för Er skräddarsydda system.

SYLVANIA ger Er morgondagens produkter redan nu. — Ibland före — ibland något efter, det är detta som kännetecknar ett företag med stark innovationskapacitet.

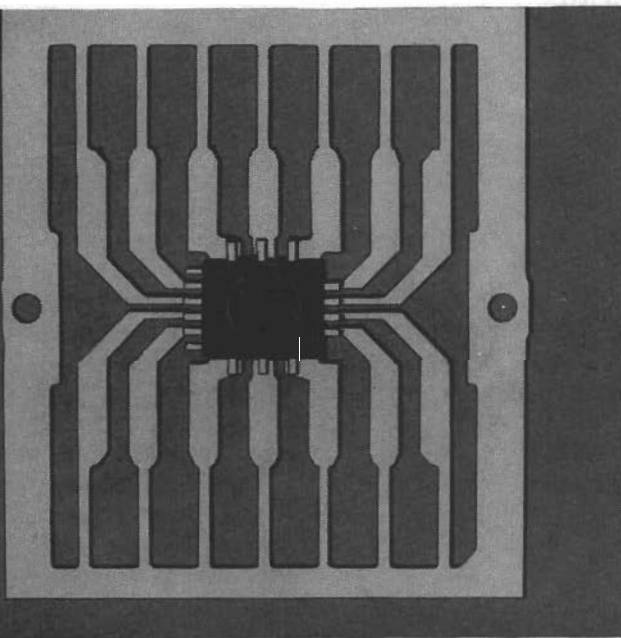
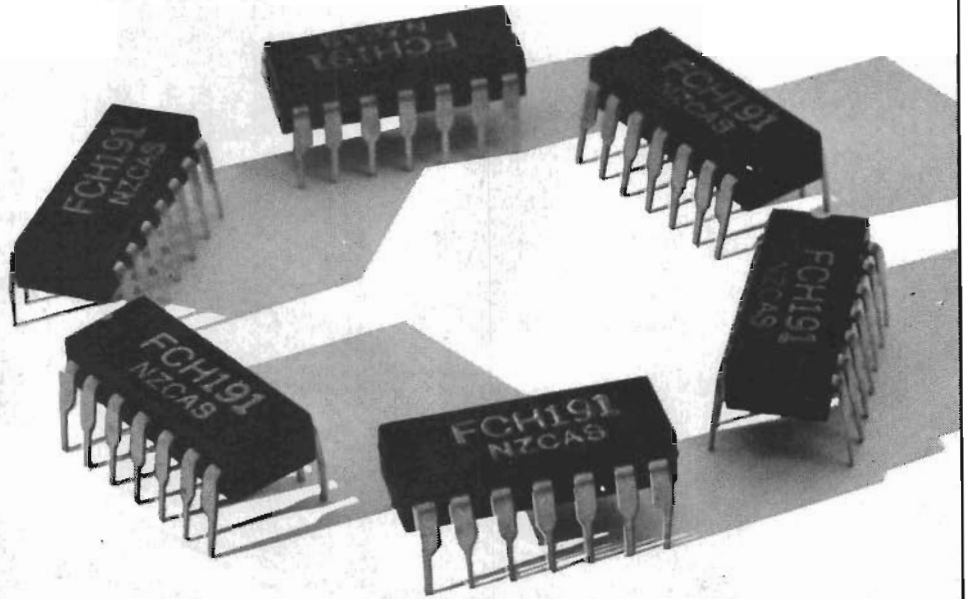
Kontakta oss på Komponentbolaget så skall vi ge Er information om de produkter som finns på vårt försäljningsprogram.



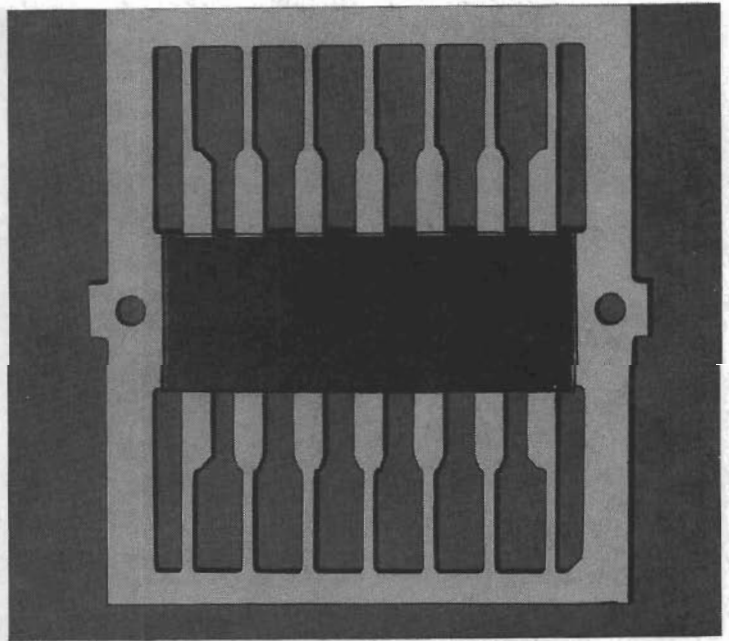
komponentbolaget

STENHARDT KOMPONENTBOLAG AB

GRIMSTAGATAN 89, 162 27 VÄLLINGBY, SWEDEN - TEL 08/37 29 45



3. Denna kapsel löds till ett förtent uttagsgaller.



4. Vid den andra kapslingen innesluts enheten i en dual-in-line-kapsel av extra stark plast.

... vilket bevisas av en lång rad tillförlitlighetsprov

Hos kretsar i produktion kontrollerar vi samma egenskaper, fortfarande vid konstant hög omgivningstemperatur, men med indioderna backförsända och uttransistorerna belastade. Backförsäppningsprovet för RTR-kretsarna och dess motsvarighet för produktionskretsar utförs även under tropiska temperatur- och fuktförhållanden.

Vi provar kretsarnas förmåga att motstå lagring vid hög och låg temperatur. Detta är mycket viktigt, ty svagheter i lödningar, försämring av lackskiktet och andra obehagligheter kan uppstå under ogynnsamma lagringsförhållanden. Dessutom lagras kretsarna i veckor under tropiska förhållanden.

Vi provar en digital krets switchförmåga genom att switcha dess in-effekt vid 50 % arbetscykel under maximala belastnings- och temperaturförhållanden. Vi genomför ett fullständigt temperaturprov enligt MIL-normer.

I våra mekaniska prov ingår lödbarhet, inverkan av böjning och dragning på anslutningarna, tålighet mot chocker, acceleration och vibration.

Slutligen genomförs "step-stress"-prov tills vi framkallar fel. Detta är en snabb metod för att påvisa potentiella fel som kan uppstå under normala förhållanden.

Dessa kretsar har dubbelkapsling :

FC-familjen — DTL-serie med hög störmarginal

FJ-familjen — medelsnabb TTL-serie
(kompatibel med SN74N-serien)

FH-familjen — snabb TTL-serie
(kompatibel med SUHL II-serien)

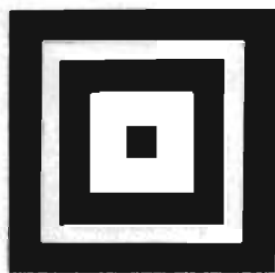
Linjära kretsar

En rapport med utförlig information om våra dubbelkapslade kretsars tillförlitlighet finns tillgänglig.

Integrerade kretsar från Philipskoncernen säljs i Sverige under varumärkena Philips och Mullard.

AB ELCOMA

FAK • 102 50 STOCKHOLM 27 • TEL. 08/67 97 80



Fackpressförlaget

Sveriges största utgivare av facktidsskrifter har
nu 12 tidningar i viktiga och
dynamiska branscher...



Den mest
dynamiska är
elektronikbranschen!
Där finns en
etablerad tidning:
ELEKTRONIK
– helt specialiserad
på...

...elektronik med vitala frågeställningar om apparatur och anläggningar och deras praktiska tillämpning. Den vänder sig till fackfolk och administratörer inom alla branscher av den elektroniska industrin... medicinsk elektronik, militärelektronik och mätteknik. Reglerteknik och processkontroll.

Överlägset bäst
därför att...

...Elektronik samarbetar med landets främsta experter inom elektronikbranschen.

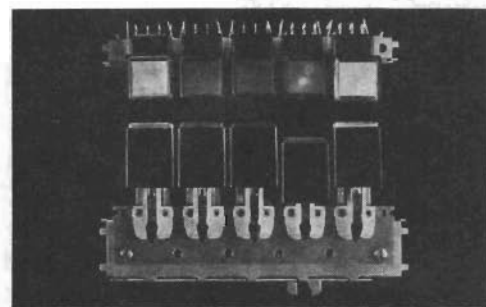
...Elektronik har världsomspännande kontakter med ledande facktidningar: Industrial Electronics, Design Electronics, Electronics Weekly, (England) Inter Electronique, (Frankrike) Elektronik-zeitung, (Tyskland) Electrical Design News, (USA). Dessa tidningar levererar ständigt högaktuellt nyhetsmaterial till Elektronik.

Tryckupplaga:
6.000 exemplar.

Till övriga Nordiska länder
distribueras närmare 500 ex.

elektronik 2 1969

Belysta tryckknappar typ MXL

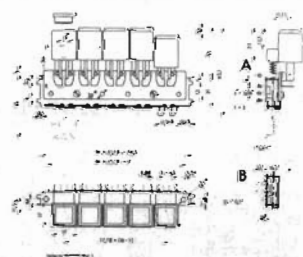


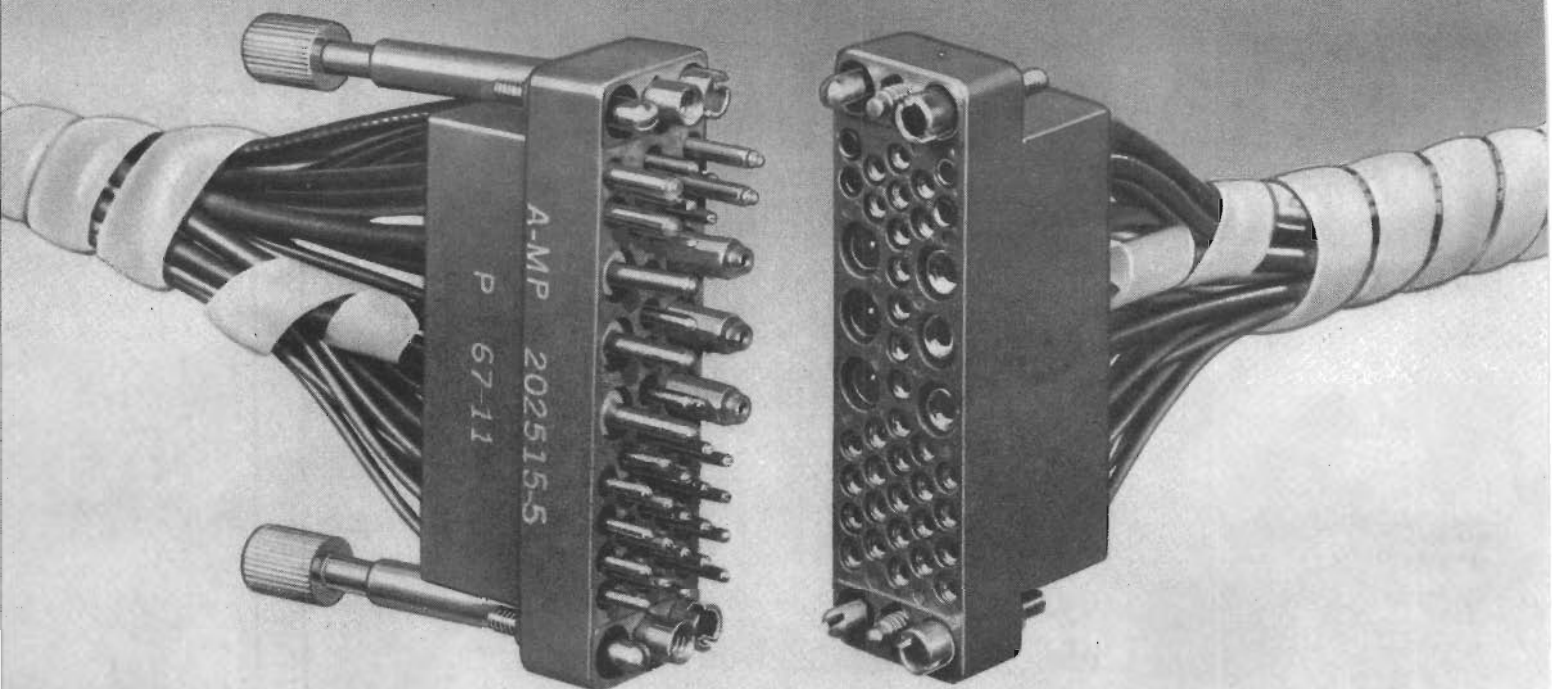
mec

MEC 2 belysta tryckknappskopplare TYP MXL kan nu levereras med belysta knappar. Linsen testas med ett snäpp-
lås i själva knappen och kan därför
löst bytas ut. Genom detta system är
även lampor och (LED)knappar lätt
bytbara från framsidan. (Ombopplare)
kan erbjudas med upp till 12 knappar
och 8 valningskontakter per knapp.

Se i vår upplaga 1969 för mer
uppgifter om MEC 2.

AB E WESTERBERG
Målarvägen 69, Fax, 120 151 Solna 20
Tel. 08-971215





AMP

A-MP M-series

Utan kompromisser och med extra vinst i tid, pengar och pålitlighet komponerar Ni exakt den typ av kontaktdon som krävs vid varje tillfälle — med A-MPin-cert[®] M-series! De snabbmonterade förbind-

ningarna ger massor av kombinationsmöjligheter: Guldpläterade eller förtenta kontakter, låsskruvar, styripinnar, skyddshöljen, avlastningsklämmor... Ni väljer själv!

AMP har blivit ett kvalitetsbegrepp inom kontaktpressningstekniken världen över. Resurser, forskning och erfarenhet står bakom de 3 000 patent, mer än 16 000 olika produkter och därtill hela registret av lödfria förbindningar genom tusen och åter tusen applikationer som AMP:s specialiserade tekniker presterat. Även monteringsverktygen får Ni från AMP — allt från handverktyg till automatmaskiner. AMP har fabriker över hela världen, på 6 platser enbart i Europa.

Ring eller skriv för närmare information!

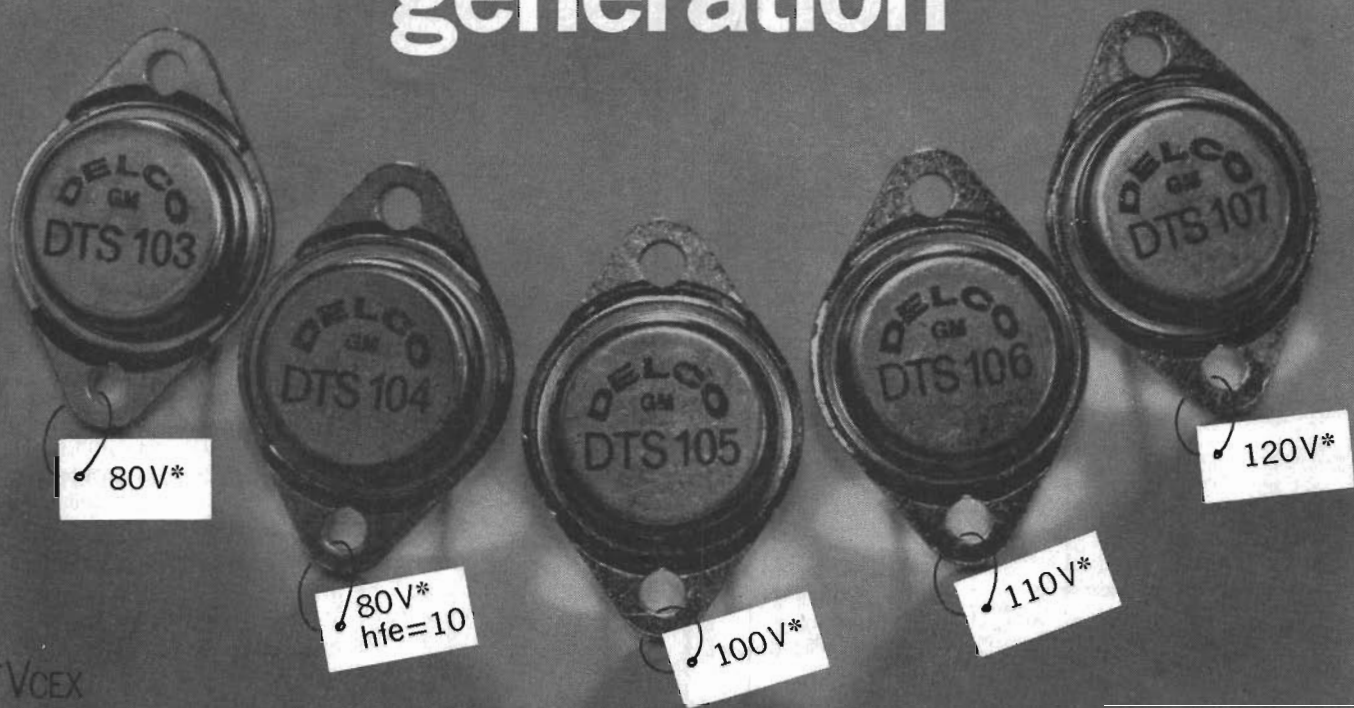
*) Varumärke för AMP Inc. Harrisburg, P.a. USA

Box 144, 162 12 Vällingby 1 - Tel. 08/89 04 20

AMP
Svenska AMPA.B.

Informationstjänst nr 45

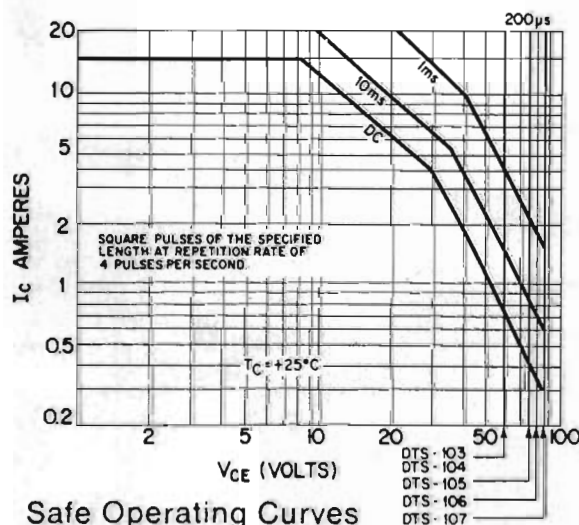
En ny transistor-generation



15 ampere 80 till 120 volt $f_t = 4 \text{ MHz}$

Delco Radio presenterar sin nya DTS-100 serie. NPN-trippel-diffunderade. För höga spänningar.

Erfarenheten från vår tidigare tillverkning med höga spänningar har lett fram till utvecklingen av dessa nya transistorer. För mer information rekvirera våra nya datablad och tillämpningsanvisningar nr 42 och 43.



	I_C Cont. Amps.	I_C Pulsed Amps.	V_{CEX} @ .5mA Volts	V_{CEO} @ .25mA Volts	$V_{CEO(sus)}$ @ 250mA Volts	h_{FE} @ 5A	h_{FE} @ 20A (Min.)	$V_{CE(sat)}$ @ 10A (Max.)	f_t MHz (Min.)	P_t Watts (Max.)
DTS-103	15	20	80	60	60	20-55	5	1.8	4	125
DTS-104	15	20	80	60	60	50-120	10	1.5	4	125
DTS-105	15	20	100	80	75	20-55	5	1.8	4	125
DTS-106	15	20	110	90	80	20-55	5	1.8	4	125
DTS-107	15	20	120	100	85	20-55	5	1.8	4	125

General Motors Nordiska AB, Industriavdelningen,
Fack, 104 60 Stockholm 20

Sänd information om Delco Radio nya 100 serie

Namn _____

Adress _____

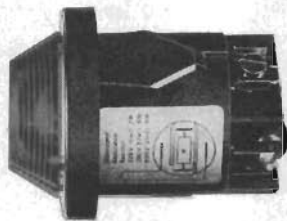
Postnummeradress _____

ABö 2-69

GENERAL MOTORS NORDISKA AB
Industriavdelningen 104 60 Stockholm 20

Lysande kvalitetsprodukter från CERBERUS

Glimlampor



Överspänningsskydd



SGF 30 är mycket ljusstarka och robust byggda. 25.000 tim. livslängd. Diameter $\varnothing$ 30 mm, längd 53 mm, inbyggnadsdjup 33,5 mm. Temp max 125° C. Avsedd för 220V, 380V, 500V. Finns med klar, röd, gul och grön kalott.



SGF 20 — 20 mm diameter finns med rund kupig, rund flat (SGFF 20) samt kvadratisk lens (SGFQ 20) i färgerna: klar, röd, gul, grön, opal och blå. Avsedd för 125V eller 220V. Drifttid vid 220V 50.000 tim och vid 125V 25.000 tim. Temp max 125° C.

SGF 13 — 13 mm diameter finns med rund och kvadratisk lens (SGFQ 13) i färgerna klar, röd, gul, grön samt opal. 125 eller 220V. Drifttid 25.000 tim. Temp max 125° C. Rekvirera specialkatalog!

UA 12 överspänningsskydd användes för att skydda telefon- och signalanläggningar samt kablar och luftledningar mot överspänningar orsakade av blixtnedslag, atmosfäriska störningar, nedfallna högspanningsledningar m.m. Avsedd för max 80V DC eller 55V AC driftspänning. Rekvirera datablad samt specialbroschyr!

ELEKTRONLUND AB

Tel. 040/93 48 20

Fack, 201 10 MALMÖ

INKOM

Representerar och säljer

BINDER MAGNETE KG

Villingen, Västtyskland

NO-el Fa AB

Hölö, Sverige

EAO »OLTEN«

Olten, Schweiz

SCHALTBAU GmbH

München, Västtyskland

ERNST TESCH KG

Wuppertal, Västtyskland

Ett komplett magnetprogram

permanenta och el-magnetiska bord • vibratorer • drag-, stöt- och vridmagneter • elektrohydrauliska ställdon • elektromagnetbromsar och kopplingar

Larmcentraler

Transistoriserade larmtablåer i olika utföranden.

Manöverkomponenter i modulsystem

signallampor och tryckknappar • låsbara tryckknappar • blinkreläer • spänningsreläer

Komponenter för stark- och svagström

mångpoliga stickkontakter • kontaktorer för likström microbrytare • reed reläer • miniatyrreläer

Fördröjnings- och programverk

fördröjningsreläer • impulsreläer • transistoriserade och pneumatiska tidreläer • stegframmatade och synkronmotordrivna programverk

VÄSTSVRIGE

INGENJÖRSFIRMAN A. LEIJON & Co.
Kyrkvägen 37 • 463 08 Askim
Telefon 031/45 03 75

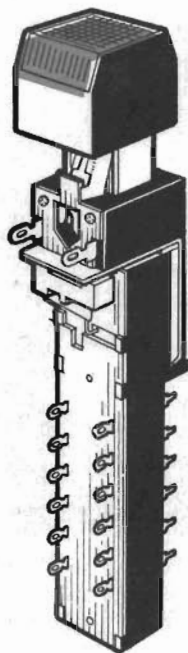
INKOM

INDUSTRIKOMPONENTER AB

SYDSVRIGE

INGENJÖRSFIRMAN HAMA AB
Askholmsgatan 1 • 213 63 Malmö
Telefon 040/94 02 56

BOX 42 008, 126 12 STOCKHOLM 42 • TELEFON 08/18 83 40



Typ CL



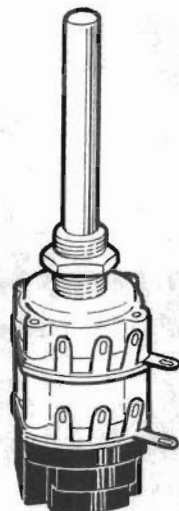
Rudolf Schadow KG
Berlin
Västtyskland

NYHET

Professionell omkopplare typ C/CL med tvillingkontakter, genomgående kontaktstift, demonterbar framifrån, med eller utan illuminerad knapp.

TRYCKOMKOPPLARE

även med illuminerad knapp, skjutomkopplare samt vippomkopplare med erkänd teknisk uppbyggnad och välkänd kvalitet.



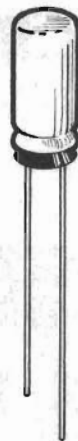
Serie 16



Wilhelm Ruf
Höhenkirchen
Västtyskland

RUWIDO

POTENTIOMETRAR
kolbanepotentiometrar för anslutning till tråd resp. PC-kort. Enkla, dubbla, tandem, även med S-märkt strömbrytare. Potentiometrar av trimrull- och skjuttyp. Vridströmbrytare.



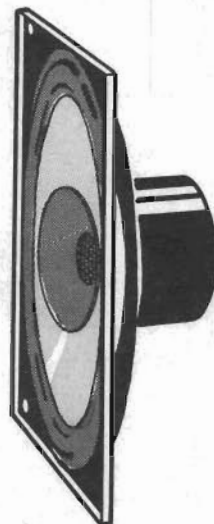
Printolyt



Ducati Elettrotecnica
Bologna
Italien

KONDENSATORER

Elektrolyt- papper- polyester- styroflex. Vridkondensatorer, trimkondensatorer, faskomp. kondensatorer.



15/10 TV-2 XWD



Seas Fabrikker A/S
Moss
Norge

HÖGTALARE

Bas-, mellan-egister- och diskant-högtalare, bredbands koaxialhögtalare, linjetransformator, delningsfilter, högtalarbyggsatser samt kompletta högtalarlådor.



GENERALAGENT:

INGENJÖRSFIRMAN

BO KNUSSON AB

SOMMARVÄGEN 2 • 171 40 SOLNA • TEL. 83 06 80

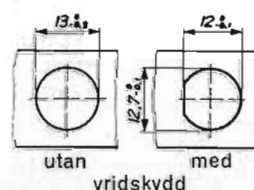
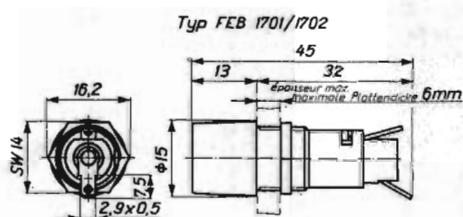
H. SCHURTER AG



Ⓢ-Märkt säkringshållare-FEB Beröringsskyddad



Naturlig storlek



Enda i marknaden förekommande säkringshållaren, som godkänns av Semko för utvändig montering i panel med rätt att bära S-märke. Provad enligt IEC norm 32C (Central Office) 5

Material: Polyester, anslutning, förtent mässing

Avsedd för fínsäkring 5 × 20 mm

Märkspänning: 250 V, 50 Hz

Märkström: 6,3 A

Övergångsmotstånd: < 3 m Ω

Isolationsmotstånd: torr > 15 G Ω
fuktig > 10 M Ω

Krypavstånd: 5 mm

Provspänning: 3 000 V, 50 Hz, 1 min

Lagerföres

SEAF
LAGENT

Generalagent

STÅHLBERG & NILSSON AB

Långsjöv. 51 A, Box 25, 125 21 ÄLVSJÖ 1, Tel. 08/99 56 10, 99 33 05, 99 80 40

Kontakten för ledande produkter

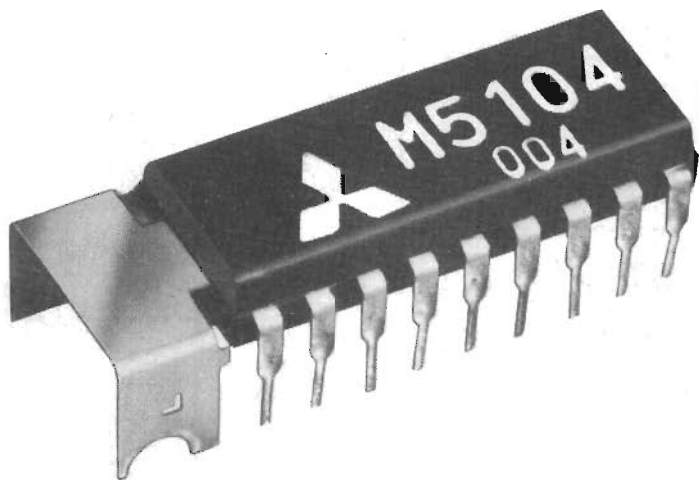
Informationstjänst nr 50

ST
STÅHLBERG & NILSSON AB

En del av Gadelius

Japansk elektronik — den mest
expansiva i världen — representeras
i Skandinavien av Gadelius & Co AB.

Vi erbjuder Er ett komplett
elektronikprogram. T.ex. integrerade
kretsar från japans största
tillverkare Mitsubishi. Eller fullständiga
datasystem från Toshiba.



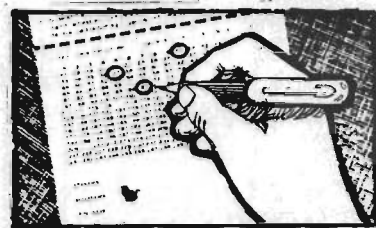
GADELIUS

Gadelius & Co AB - Eriksbergsgatan 1 A
Tel. 08/23 28 00

Informationstjänst nr 51

GÖR SÅ HÄR...

Informationstjänst . . .



Samtidigt som Ni läser ELEKTRONIK kan Ni på informationstalongen ringa in eller stryka under numren på de annonser som Ni önskar veta mera om. Varje annons är nämligen försedd med ett nummer. Sen behöver Ni bara fylla i kortet med namn, adress etc. och posta det till oss. Vi ser till att Ni snabbt får svar på Era förfrågningar! All informationstjänst är kostnadsfri.

**JAG VILL VETA MER OM DE(N) INRINGADE
ANNONSEN(ERNA) I DETTA NUMMER:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250						

FÖRNAMN

EFTERNAMN

TITEL/YRKE

FÖRETAGSADRESS

POSTANSTALT

BRANSCH

EL - SP 69

Frankeras ej
ELEKTRONIK
betalar portot

LÖSEN

Svarsförsändelse
Tillstånd nr 02
Stockholm 3

**ELEKTRONIK
BOX 3263
103 65 STOCKHOLM 3**

BEHÖVER NI VETA MERA

elektronik
hjälp Er gärna
med ytterligare
upplysningar om
de produkter som
annonseras i tid-
ningen. Vik ut
kortet och se hur
lätt det går till.
Det kostar Er
ingenting,
portot är betalt.

Frankeras ej
ELEKTRONIK
betalar portot

ELEKTRONIK
Box 3177
103 63 STOCKHOLM 3

LÖSEN

Svarsförsändelse
Tillstånd nr 02
Stockholm 3

JAG ÖNSKAR PRENUMERERA PÅ

elektronik

ETT HELT ÅR FRAMÅT (12 nr varav 1 dubbelnr)

FÖR 49:—

(Bifoga inga pengar –
inbetalningskort kommer
senare.)

02 139

FÖRNAMN

EFTERNAMN

FÖRETAG

ADRESS

POSTADRESS

EL - SP 69

ae information

VITRAMON keramiska kondensatorer och chips



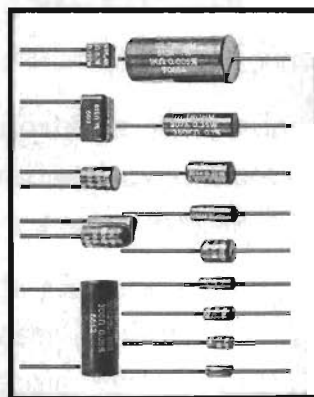
Lågt pris och hög kvalitet. Därför lämpade
för såväl militära som industriella applika-
tioner. Uppfyller kraven enl MIL-C-11015 D
och DEF 5011. Godkända av FTL.

Kapacitansområde	10—100.000 pF
Tolerans	± 10 %, ± 20 %
Max spänning	200 V (liksp)
Temperaturområde	— 55° C till + 125° C

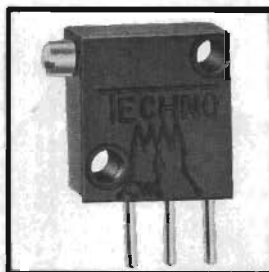
ULTRONIX trådlindade precisions- motstånd

Finns i mer än 40 olika utföranden och dimensioner. Helt brusfria, låg termisk EMK. Godkända av FTL, överträffar kraven enl MIL-R-39005A och MIL-R-93D.

Noggrannhet	0,005 %
Driftstabilitet	30 · 10 ⁻⁶
Temperaturkoefficient	per år
	Från 0 ± 1 PPM/° C
	— + 5 400 PPM/° C
Tillförlitlighet	0,001 % per 1 000 timmar



TECHNO trimpotentiometrar

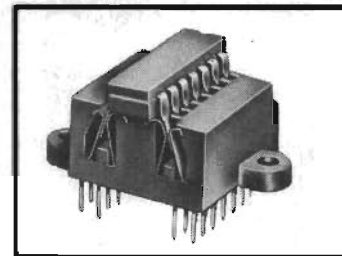


Tillverkas bl.a. i utföranden avsedda för militärt bruk.

Resistansområde	10 ohm—10 kohm
Tolerans	± 5 %
Max belastning	0,75 W
Temperaturområde	— 65° C till + 150° C
Antal varv	25

BARNES testsocklar

Ett av marknadens största sortiment. Nu finns socklar som kan användas för Dual-in-line kretsar med både 16 och 14 tilliedningar.



Begär vidare
informationer från:

AJGERS ELEKTRONIK AB

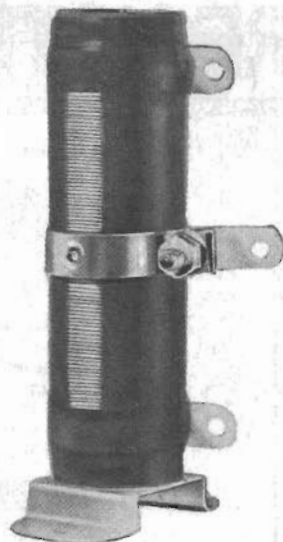
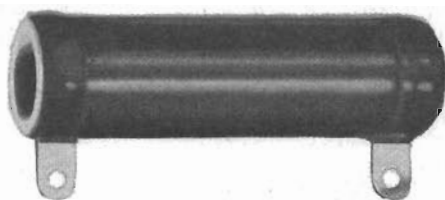
Fack, 126 11 Stockholm 32.

cressall

Trådlindade högstabila effektmotstånd. Tillverkas i ett stort antal utföranden för varierande montagesätt. Finns även med korrugerad yta för höga effekter vid låga resistanser.
Effektområde: 20–220 watt.
Resistansområde:
0,14–160 kohm.

Ur Cressall:s rikhaltiga tillverkningsprogram vill vi även nämna: reostater, skjutmotstånd, bandage- och rörelement, transformatorer och tyristorer samt tryckta kretskort.

Begär specialprospekt!



FUJISOKU

SUBMINIATYROMKOPPLARE



MSRC vridomkopplare med endast 12,5 mm diameter. Finns i 5 utföranden: 1-polig 11-vägs, 2-polig 5-vägs, 3-polig 3-vägs, 4-polig 2-vägs och 1-polig 10-vägs. Omkopplaren är försedd med justerbart stopp och massiva silverkontakter. Stor brytförmåga trots små dimensioner kännetecknar alla FUJISOKU:s omkopplare.

Bland övriga typer kan nämnas MST-serien 3- eller 2-vägs med upp till 4 poler. MSP-serien utförda som tryckomkopplare. Nya MSPN-206R en miniatyr tryckknapp med inbyggd signallampa vars brinntid garanteras till 50 000 tim.

Begär utförliga data och prisuppgifter!

SCHALECO

ELEKTROLYTKONDENSATORER



Typ G



Typ R

Tillförlitliga elektrolytkondensatorer i fyra olika utföranden, varav en typ är miniatyr-typ. Kondensatorerna tillverkas som standard för spänningar mellan 3 och 550 V. Samtliga typer kan levereras i tropiksäkert utförande. Kapacitans värden upp till 10 000 uF.

Schleco tillverkar även bipolära elektrolytkondensatorer.

Kontakta oss då det gäller elektrolyter, det finns säkert någon typ som passar just Ert behov.

JAHRE

GLIMMERKONDENSATORER



Typ Bf. 58



Typ Bf. 53

Komponenter enligt MIL-C-5 standard för högt ställda krav i utförande för tryckta kretsar.

Jahres glimmerkondensatorer kännetecknas av små dimensioner

hög temperatur- och klimathållfasthet

låg kapacitiv tempkoefficient

små förluster och högt isolationsmotstånd.

Typerna Bf 53 tillverkas för kapacitans mellan 4,7 pF och 47 000 pF vid spänningar 125–250 V.

Typerna Bf 58 tillverkas för kapacitanser mellan 4,7 pF och 47 000 pF vid spänningar 63–1 000 V.

Alla kondensatortyper kan erhållas i tropiksäkert utförande. Begär specialkatalog!

Ur övrig tillverkning kan nämnas kapacitansnormaler, glimmer, effektkondensatorer m m samt högfrekvensdrosslar.



TELTRONIC AB

Värbergsplan 31
Box 4035 127 04 Skärholmen
Tel. 710 00 80

MOTSTÅND

Ajgers Elektronik AB, Stockholm
 ASEA, Västerås
 AB Gösta Bäckström, Stockholm
 Aug. Eklöv AB, Stockholm
 AB Elcoma, Stockholm
 Elek Radio- & Elektronikkomponenter AB, Sthlm
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 Elektriska Instrument AB Elit, Bromma
 Thure F Forsberg AB, Farsta
 Gadeliuss & Co AB, Stockholm
 Kjellbergs Successors AB, Stockholm
 Olof Klevestav AB, OKAB, Hågersten
 Ingenjörfirman Bo Knutsson AB, Solna
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Mehks & Co AB, Stockholm
 Nordisk Elektronik AB, Stockholm
 AB Nordqvist & Berg, Stockholm
 Civilingenjör Robert E.O. Olsson AB, Motala
 Bo Palmblad AB, Stockholm
 Plessey Components Group
 Salchow elektronik, Hågersten
 Scandia Metric AB, Solna
 Ståhlberg & Nilsson AB, Älvsjö
 Svenska Mätapparater F.A.B., Farsta
 Svenska Painton AB, Spånga
 Svenska Telekonbolaget, Farsta
 Telko AB, Stockholm
 Teltronic AB, Skärholmen
 AB Trako, Stockholm
 Universal-Import AB, Stockholm
 Gunnar Wiklund AB, Stockholm

KONDENSATORER

Ajgers Elektronik AB, Stockholm
 AB Gösta Bäckström, Stockholm
 Aug. Eklöv AB, Stockholm
 AB Elcoma, Stockholm
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F Forsberg AB, Farsta
 Gadeliuss & Co AB, Stockholm
 ITT Komponent, Solna
 Kjellbergs Successors AB, Stockholm
 Olof Klevestav AB OKAB, Hågersten
 Ingenjörfirman Bo Knutsson AB, Solna
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Mehks & Co AB, Stockholm
 Nordisk Elektronik AB, Stockholm
 AB Nordqvist & Berg, Stockholm
 Civilingenjör Robert E.O. Olsson AB, Motala
 Bo Palmblad AB, Stockholm
 Plessey Components Group
 Salchow elektronik, Hågersten
 Ståhlberg & Nilsson AB, Älvsjö
 Svenska Painton AB, Spånga
 Svenska Telekonbolaget, Farsta
 Telko AB, Stockholm
 Teltronic AB, Skärholmen
 AB Trako, Stockholm
 Universal-Import AB, Stockholm
 Gunnar Wiklund AB, Stockholm

OMKOPPLARE OCH KONTAKTDON

Ajgers Elektronik AB, Stockholm
 ASEA, Västerås
 Ingenjörfirman O T Axlund, Vällingby
 Brown Boveri Svenska AB, Stockholm
 AB Gösta Bäckström, Stockholm
 D. Carlberg & Son AB, Stockholm
 AB Elcoma, Stockholm
 Elek Radio- & Elektronikkomponenter AB, Sthlm
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 Elektriska Instrument AB Elit, Bromma
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F Forsberg AB, Farsta
 Gadeliuss & Co AB, Stockholm
 Industrikomponenter AB, Stockholm
 ITT Komponent, Solna
 Kjellbergs Successors AB, Stockholm
 Olof Klevestad AB OKAB, Hågersten
 Ingenjörfirman Bo Knutsson AB, Solna
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Marieholms Bruk Jernverks AB, Marieholmsbruk
 Mehks & Co AB, Stockholm
 Nordiska Instrument Wibom & Son KB, Stockholm

Civilingenjör Robert E.O. Olsson AB, Motala
 Bo Palmblad AB, Stockholm
 Plessey Components Group,
 Industri AB Reflex, Spånga
 Salchow elektronik, Hågersten
 Scandia Metric AB, Solna
 Ståhlberg & Nilsson AB, Älvsjö
 Svenska Painton AB, Spånga
 Svenska AMP AB, Vällingby
 Svenska Telekonbolaget, Farsta
 Telko AB, Stockholm
 Teltronic AB, Skärholmen
 AB Trako, Stockholm
 Ultra Electronics Sweden AB, Stockholm
 Universal-Import AB, Stockholm

RELÄER

Ajgers Elektronik AB, Stockholm
 ASEA, Västerås
 Ingenjörfirman O T Axlund, Vällingby
 AB Gösta Bäckström, Stockholm
 Aug. Eklöv AB, Stockholm
 Electrona Telekomponent AB, Farsta
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 Elektriska Instrument AB Elit, Bromma
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F Forsberg AB, Farsta
 Gadeliuss & Co AB, Stockholm
 Industrikomponenter AB, Stockholm
 ITT Komponent, Solna
 Olof Klevestav AB OKAB, Hågersten
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Mehks & Co AB, Stockholm
 Nordisk Elektronik AB, Stockholm
 Civilingenjör Robert E.O. Olsson AB, Motala
 Bo Palmblad AB, Stockholm
 Plessey Components Group
 Ingenjörfirman Pulsteknik AB, Göteborg
 Industri AB Reflex, Spånga
 Salchow elektronik, Hågersten
 Scandia Metric AB, Solna
 Ståhlberg & Nilsson AB, Älvsjö
 Svenska Painton AB, Spånga
 Svenska Aktiebolaget Trådlös Telegrafi, Solna
 SRA Svenska Radio AB, Stockholm
 Svenska Telekonbolaget AB, Farsta
 Telko AB, Stockholm
 Universal-Import AB, Stockholm

LEDNINGSMATERIEL

AB Gösta Bäckström, Stockholm
 D. Carlberg & Son AB, Stockholm
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F Forsberg AB, Farsta
 Ingenjörfirman Bo Knutsson AB, Solna
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Civilingenjör Robert E.O. Olsson AB, Motala
 Bo Palmblad AB, Stockholm
 Ingenjörfirman Pulsteknik AB, Göteborg
 Svenska Telekonbolaget, Farsta
 Telko AB, Stockholm
 Teltronic AB, Skärholmen
 AB Trako, Stockholm
 Universal-Import AB, Stockholm

TRYCKTA KRETSAR

Cromtryck AB, Vällingby
 AB Elcoma, Stockholm
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F Forsberg AB, Farsta
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Nordiska Instrument Wibom & Son KB, Stockholm
 Plessey Components Group
 Ingenjörfirman Pulsteknik AB, Göteborg
 Salchow elektronik, Hågersten
 Telko AB, Stockholm
 Teltronic AB, Skärholmen
 AB Trako, Stockholm

HALVLEDARE

ASEA, Västerås
 Brown Boveri Svenska AB, Stockholm
 AB Gösta Bäckström, Stockholm
 Aug. Eklöv AB, Stockholm

PRODUKTREGISTER (forts.)

AB Elcoma, Stockholm
 Elektro-Hermas AB, Sollentuna
 AB Elektroutensilier, Åkers Runö
 Elektriska Instrument AB Elit, Bromma
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F. Forsberg AB, Farsta
 Gadelius & Co AB, Stockholm
 General Motors Nordiska AB, Stockholm
 ITT Komponent, Solna
 Olof Klevestav AB OKAB, Hägersten
 AB Kuno Källman AB, Göteborg
 Firma Johan Lagercrantz KB, Solna
 Nordisk Elektronik AB, Stockholm
 AB Nordqvist & Berg, Stockholm
 Civilingenjör Robert E.O. Olsson AB, Motala
 Bo Palmblad AB, Stockholm
 Plessey Components Group
 SGS Semiconductor AB, Marsta
 Stenhardt Komponentbolag AB, Vällingby
 Svenska Painton AB, Spånga
 Svenska Aktiebolaget Trådlös Telegrafi, Solna
 Svenska Telekonbolaget, Farsta
 Telko AB, Stockholm
 AB Trako, Stockholm
 Gunnar Wiklund AB, Stockholm

ELEKTRONRÖR

Brown Boveri Svenska Aktiebolag, Stockholm
 Aug. Eklöw AB, Stockholm
 AB Elcoma, Stockholm
 Elektronlund AB, Malmö
 LM Ericsson Telemateriel AB, Stockholm
 Thure F. Forsberg AB, Farsta
 Gadelius & Co AB, Stockholm
 ITT Komponent, Solna
 Nordisk Elektronik AB, Stockholm
 Stenhardt Komponentbolag AB, Vällingby
 Svenska Aktiebolaget Trådlös Telegrafi, Solna
 SRA Svenska Radio AB, Stockholm
 Svenska Telekonbolaget, Farsta
 Telko AB, Stockholm

RITHJÄLPMEDEL

AB Alerma, Bromma

MODULEHETER

AB Atomenergi, Stockholm

TRANSFORMATORER

Aug. Eklöw AB, Stockholm

PANELINSTRUMENT

Aug. Eklöw AB, Stockholm

KONTROLLHJÄLPMEDEL

AB Empiro, Bromma

INBYGGNADSAGGREGAT

Oltronix AB, Vällingby

MIKROVÄGSKOMPONENTER

SRA Svenska Radio AB, Stockholm



REFLEX kopplingsurförveckoprogram
 Bevakar alla radioprogram under hela veckan

Kopplar bandspelaren och spelar in program när Ni inte är hemma

Kopplar värmen i sommarstugan så att det är varmt när Ni kommer dit

Kopplar belysningen när Ni är bortrest för att ge sken av att någon är hemma

Väcker Er med musik på morgonen

Är dessutom en vacker prydnadsklocka med exakt gång

Begär broschyr från

INDUSTRI AB REFLEX

Sundbyvägen 70, 163 59 Spånga
 Tel. 36 46 42, 36 46 38

Informationstjänst nr. 55

ELEKTRONIKS PRENUMERATIONS- AVDELNING

postadress: box 3263
 103 65 Stockholm 3
 telefon: 08/34 07 90
 postgirokonton: 65 60 02

Prenumerationspris: helår
 11 utgåvor (12 nr) 49:—

Prenumeration kan beställas

direkt från prenumerations-
 avdelningen, box 3263
 103 65 Stockholm 3, i Sve-
 rige på postanstalt med pos-
 tens tidningsinbetalnings-
 kort, postgirokonton 65 60 02.

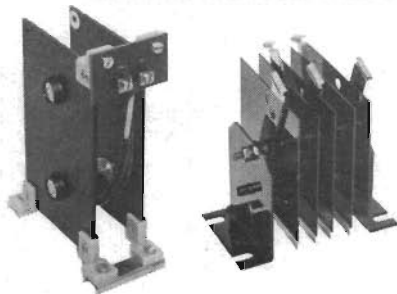
Adressändring

som måste vara oss tillhan-
 da senast 3 veckor innan
 den skall träda i kraft, görs
 skriftligt till förlaget eller
 med postens ändringsblan-
 kett 870 eller 20 50 03. Av-
 gift 1:— erläggs i frimärken.
 Nuvarande adress anges
 genom att adresslappen på
 senast mottagna tidning bi-
 fogas eller klistras på ad-
 ressändringsblanketten.
 Observera att ovanstående
 gäller även vid tillfällig
 adressändring.

ANNONSÖRSREGISTER

AEG	104
Ajgers Elektronik	98
Alerma	102
AMP AB, Svenska	92
ASEA	56
Atomenergi, AB	5
Axlund, O. T.	49
Brown Boveri Svenska AB	63
Bäckström AB, Gösta	37
Carlberg & Son, D.	6
Cromtryck	8
Eklöw, Aug.	86
Elcoma	29, 60, 61
Electrona Telekomponent	102
Electroutensilier	28, 48
Elek AB	86
Elektro-Hermas AB	101
Elektronlund	94
Elektronrör	66, 67
Elit, Elektriska Instru- ment AB	45
Empiro	102
Forsberg AB, Thure	36
Försvarets Teletekniska	
Laboratorium	71
Gadelius & Co AB	97
General Motors Nordiska AB	93
Industrikomponenter	94
ITT Standard	103
Kjellbergs Successors AB	4
Knutsson, Ingenjörfirma Bo	95
Källman AB, Kuno	64
Lagercrantz, Johan	46
LM Ericsson Telemateriel	74
Mariehols Bruk	47
Mehks	75
Nordiska Instrument	44
Nordisk Elektronik	57
Nordqvist & Berg, AB	65
Okab O. Klevestav AB	2
Olsson, Civilingenjör Robert	80
Oltronix	85
Painton, Svenska AB	81
Palmblad, Bo AB	89
Plessey Components Group	7
Pulsteknik, Ingenjörfirma	82
Reflex, Industri AB	101
Salchow, AB Ulrich	84
Scandia Metric	87
SGS Semiconductor	59
Sprague	90
SRA	83
Stenhardt Komponent AB	62
Ståhlberg & Nilsson AB	96
Swema	28
Telekonbolaget, Svenska	58
Telko	88
Teltronic	99
Trako	6
Universal Import	88
Ultra Electronics	48
Wiklund, Gunnar AB	102

LIKRIKTARSTAPLAR



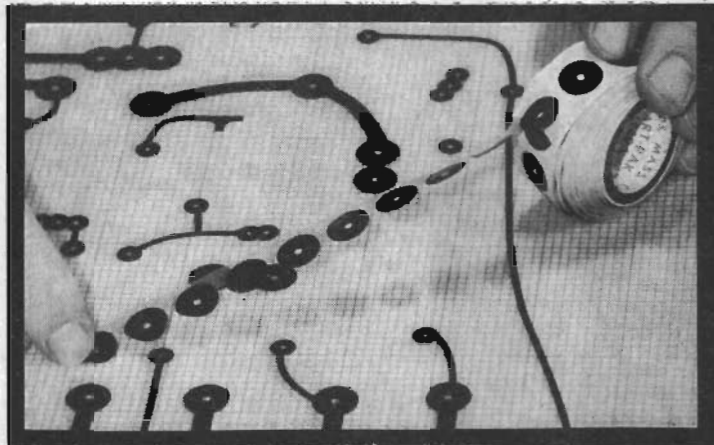
Ventiler av kisel- och
 selentyp i olika stor-
 lekar och utföranden

Komplett för direkt
 montering



ELEKTRO-HERMAS AB

Box 512 191 05 SOLLENTUNA Tfn 08/3528 30



TRANS-PAK

Stansade, självhäftande symboler, cirkelringar m. fl. för originalritningar till tryckta kretsar.

»Trans-Pak» symbolen sitter under en genomskinlig tejp. Sedan Trans-Pak pressats fast på underlaget dras den bärande tejp-bort.

Ni placerar en Trans-Pak symbol var 3:e sekund exakt och utan deformation.

Ledningsnätet ritas Ni med kurvritrensor av svart kreppad tejp i bredder från 0,4 mm på genomskinliga, dimensionsstabila Alermafolier av polyester med 1/10" eller 5 mm delning.

Ni sparar upp till 50 % tid jämfört med konventionella ritmetoder.

Ring oss nu tel. (08) 25 48 44 el. 25 51 92 för upplysningar eller sänd oss bifogade talong för upplysningar.



AB ALERMA

Orsavägen 18, Bromma
Postadress: Fack, 161 19 Bromma

Informationstjänst nr 56

Ja, sänd uppl. om TR-pak

Namn Tel.

Firma Avd.

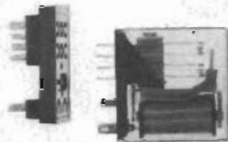
Adress

Postadress ABÖ 2-69

Reläspecialisten



Tungreläer i 7 olika grundutföranden, kontaktbelastning upp till 100 W.



Kamreläer fabr. Varley. Även för kretskortmontage. Stort lager hos oss.



Universalreläer i öppet eller plug-in utförande. Även kretskortmontage. Högt kvalitet — lågt pris. Leverans från lager.

Begär vår huvudkatalog

ELECTRONA TELEKOMPONENT AB

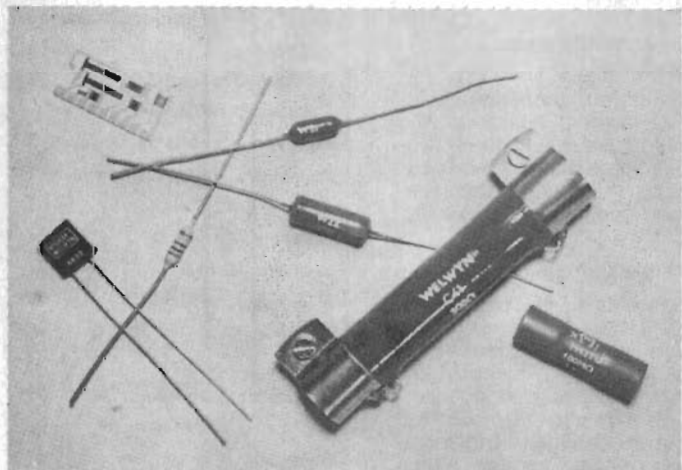
Sköndalsvägen 114 123 53 FARSTA

Tel. 08/94 93 00, 94 94 00

Informationstjänst nr 58

WELWYN

gör motstånd i alla lägen



GUNNAR WIKLUND AB

KUNGSGATAN 38 · 111 35 STOCKHOLM C · TFN 206272

SEAF
LAGENT

Informationstjänst nr 57

gör Ni mikronågonting?

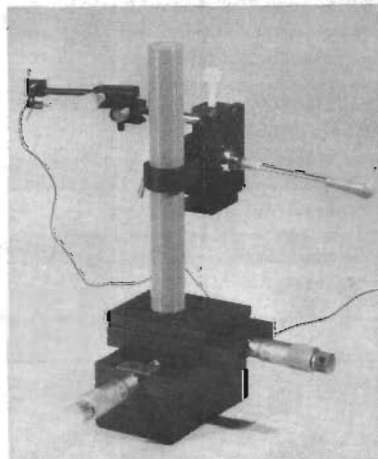
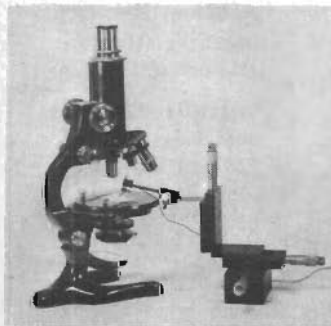
Byggsdelar från 335:—

Troligen gör ni det. I dag finns det mer än 100 slag av mikroteknik från mikroAnalys till mikroZoologi. Arbetsområden där hantering och placering av små objekt erfordras, ökar ständigt. Empiro erbjuder en omfattande serie av mikromanipulatorer, placeringsorgan och montageplattor som tillverkas av Research Instruments Ltd.

Alla slags önskemål kan tillfredsställas antingen genom standardenheter eller genom att standardiserade byggsdelar sätts ihop till specialmanipulatorer.

Ring oss nu, tel. 08/25 48 44 eller sänd oss talongen för upplysningar.

Kompleta enheter.



Ja, sänd uppl. om mikromanipulatorer

Namn Tel.

Firma Avd.

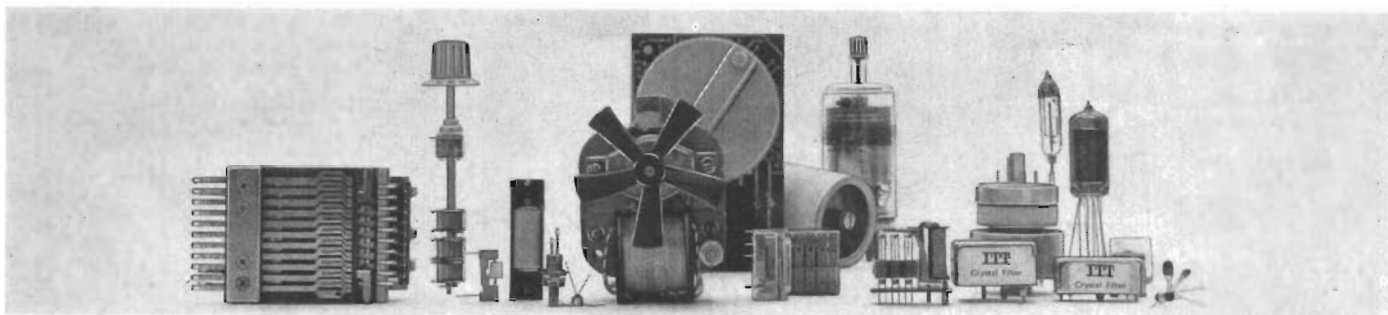
Adress

Postadress ABÖ 2-69

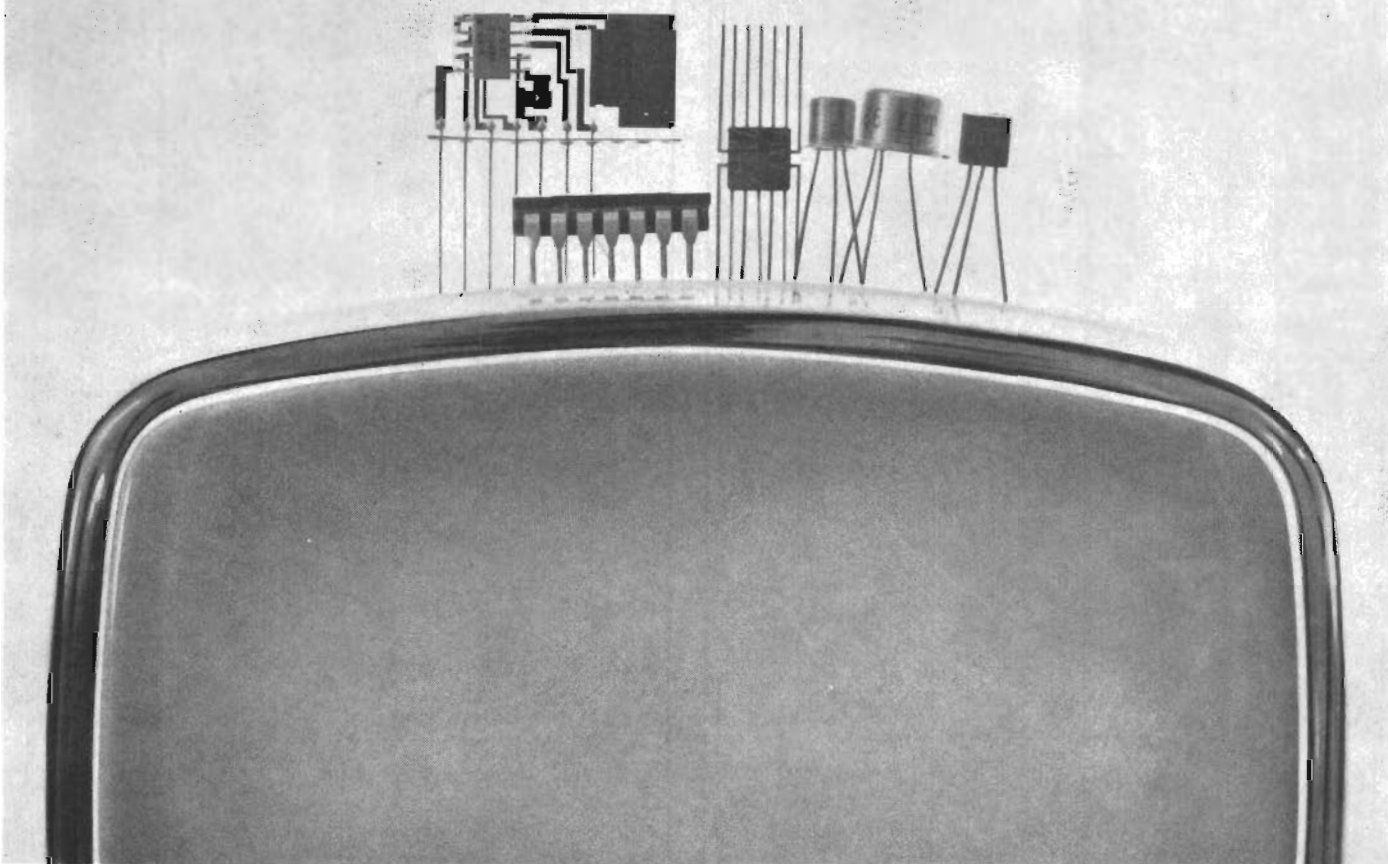
EMPIRO AB

Orsavägen 18, Bromma
Postadress: Fack, 161 19 Bromma 19

Informationstjänst nr 59



Halvledare och Filmkretsar Passiva komponenter Elektromekaniska komponenter Radio och TV komponenter Specialrör



Vi säljer ITT:s komponenter!

ITT Komponent

marknadsför ett program som täcker alla typer av applikationer.

Söker Ni komponenter för t.ex. Industrielektronik, datasystem, telekommunikation, medicinsk elektronik eller något annat område inom elektronik och elektroteknik är Er rätta kontakt

ITT Komponent 08/83 00 20

Nybodagatan 2, Fack, 171 20 Solna

ITT Komponent är en division av ITT Standard Corp. (Schweiz) Filial.
Vår lagerdistributör är Multikomponent.

KOMPONENTER **ITT**



TELEFUNKENS halvledarfabrik i Heilbronn



Telefunkens halvledarfabrik i Heilbronn togs i drift 1960. Den var då projekterad och byggd enligt senaste idéer om modern fabriksplanering.

Till en god produktion av transistorer och dioder hör genomtänkta energiförsörjnings- och klimatiseringsanläggningar. Längden hos det installerade rörnätet är 120 km och längden hos de elektriska ledningarna 250 km! Givetvis ingår också en omfångsrik park av finmekaniska, optiska och fysikaliska maskiner och instrument.

Tillverkningsprogrammet omfattar bredvid ett stort antal transistor- och diodtyper integrerade kretsar och en rad speciella komponenter, såsom solceller, optoelektroniska komponenter, fotodiodlister m.m.

I utvecklingsavdelningarna bear-

betas många för framtiden betydelsefulla objekt:

T ex transistorer och dioder för höga driftspänningar och för särskilt höga frekvenser. En annan väsentlig tyngdpunkt ligger i utvecklingen av integrerade kretsar för lineära och digitala användningar.

I produktionen är inbyggd kvalitetsbevakning, som utförs direkt på arbetsplatserna av från produktionen fristående krafter. De protokollerade värdena återkopplas varje dag, varje vecka och varje månad till produktionen.

Kvalitetsbekräftelse utföres på alla utgående komponenter före leverans till kunden. Den är upplagd enligt MIL-normerna men senare utarbetade, ännu noggrannare metoder har redan börjat införas.

SATT

SVENSKA AB TRÅDLÖS TELEGRAFI

Röravdelningen · Fack · 171 20 Solna 1