

Elektrisk trekkraftmateriell

Opprinnelig produsert av NSB, 1999

JERNBANEVERKET
BIBLIOTEKET



101941

Jernbaneverket
Biblioteket

Ex 4 1996+1999

q621.33 NSB K6

Innhold

FORORD	5
HISTORIKK	7
NSB ELEKTRIFISERER	7
LOKOMOTIVER	8
BETEGNELSE	9
AKSELFØLGE	10
MEKANISK OPPBYGGING	15
HJUL, DRIVANORDNINGER	17
KRENGING	22
TRYKKLUFT	22
BREMSE	23
HØYSPENNINGSDDEL	25
STRØMAVTAKERE	25
TAKUTSTYR	27
HØYSPENTBRYTERE	29
TRYKKLUFTBRYTER	29
VACUMBRYTER	31
TRANSFORMATORER	31
ARBEID PÅ HØYSPENTDEL	33
JORDINGSBØRSTER	34
TOGVARMEANLEGG	36
TRAKSJON	38
INNLEDNING	38
MOTORER	39
VEKSELSTRØM SERIEKOMMUTATORMOTOR	39
BØLGESTRØMMOTOR	43
TREFASE ASYNKRONMOTORER	45
DRIFTSFORHOLD	46

HØYSPENTREGULERING: EL 14	49
MOTOROMKOPLER	49
MOTORBRYTER	49
KJØREKONTROLLER	50
MOTSTANDBREMSE	51
DIODELOKOMOTIV, EL 15, MED HØYSPENTREGULERING	52
TYRISTORREGULERING MED LIKESTRØMSMOTORER, EL 16, BM 6953	53
MOTORVOGNSETT TYPE 69 A - C	53
MOTORVOGNSETT TYPE 69 D-E	55
LOKOMOTIV TYPE EL 16	57
LOKOMOTIVER OG MOTORVOGNER MED TREFASE	
ASYNKRONMOTORER	59
DIESELELEKTRISK TREKKRAFTMATERIELL	61
<u>HJELPESTRØM</u>	<u>63</u>
<u>MANØVERSTRØM</u>	<u>64</u>
RELEER	65
SLIREVERN	66
INSTRUMENTERING	66
REGISTRERENDE HASTIGHETSMÅLER	67
FELLESSTYRING (MULTIPELSTYRING)	67
BUS-SYSTEM	69
HASTIGHETAUTOMATIKK	71
SIKKERHETSBREMSEAPPARAT SIFA	71
AUTOMATISK MOTORBRYTER	74
AUTOMATISK TOGKONTROLL - ATC	74
MIKROPROSESSORSTYRT FØRERBREMSEANLEGG	76

**ALLE FOTOGRAFIER I BOKA ER TATT AV ERIK BORGERSEN OG
MÅ IKKE GJENGIS UTEN ETTER AVTALE**

Forord

Elektrisk trekkraftmateriell er skrevet for bruk i NSB skolens førerkurs. Den er ment som en generell innføring i emnet, og forutsetter at du har lest «lærebok i elektroteknikk». For mer detaljerte beskrivelser henvises til kompendiene for hver enkelt lokomotiv- og motorvogntype, samt trykk 705 for bremsesystemer.

Oslo
mars 1996
januar 1999

Erik Borgersen



NSBs første elektriske lokomotiv, El 1 2001. Lokomotivet ble bygget til elektrifiseringen av Drammenbanen av Thune og Per Kure/ Asea.



En milepæl i utviklingen var lette elektriske motorvognsett type BM 66 (Cmeo type 6), for ekspresstogene («snøggtogene») på Sørlands- og Østfoldbanen. Med disse togsettene, som kom i drift rundt 1950, ble de kjøretidene som vi har i dag en realitet. Togsettene hadde lavspenregulering i 12 trinn med elektrisk betjeningsmotor.



De første El 13 ble levert i 1957 av Thune og NEBB. Foto på Kongsvoll 18.2.96.

Historikk

Likestrømmotoren fikk sin første praktiske utforming i 1870-årene og første elektriske sporvei ble bygget av Siemens i Tyskland i 1881. Oslo fikk elektrisk sporvei i 1894, Bergen i 1897 og Trondheim i 1902. Den første jernbane for elektrisk drift i Norge var Thamshavnbanen som ble åpnet i 1908.

Strømsystemet var en-faset vekselstrøm med periodetall 25 Hz (Hertz = perioder/ sekund), og kontaktledningsspenning på 6600 Volt. Grunnen til at det ble valgt et lavere periodetall enn det som ellers ble valgt til strømforsyning (50 Hz), var at man hadde problemer med å konstruere motorer for noe særlig høyere frekvens enn 25 Hz.

Ved andre vekselstrømbaner på denne tiden valgte man $16 \frac{2}{3}$ Hz. Rjukan-banen (Notodden - Tinnoset og Mæl - Rjukan) ble åpnet for elektrisk drift i 1911 med enfase, 16 perioder og kontaktledningsspenning på 10 000 volt. NSB overtok Notodden - Tinnoset i 1920.

NSB elektrifiserer

Den første bane ved NSB som ble elektrifisert var Drammenbanen, som ble bygget om fra smalsporet jernbane til normalsporet, med dobbeltspor Kristiania V - Sandvika. Banen var klar for elektrisk drift i 1922, og med strømsystem enfase vekselstrøm $16 \frac{2}{3}$ Hz og

spenning 15 000 V. Dette strømsystemet har senere vært enerådende ved NSB, og nyttes også i Sverige, Tyskland, Østerrike og Sveits.

Oftobanen ble åpnet for elektrisk drift i 1923. Før krigen var Hardangerbana, Flåmsbana og Østfoldbanen også i drift med «hvite kull». I fra 1949 - 1959 fulgte Bratsbergbanen, Kongsvingerbanen, Sørlandsbanen, Vestfoldbanen, Randsfjordbanen og Østfoldbanens østre linje. Dette var, kombinert med anskaffelse av diesel-elektriske lok, ledd i en store plan om å slutte med damp-drift.

En stor milepæl i arbeidet med elektrifisering av banene var åpningen av Bergensbanen for elektrisk drift i 1964. Det hadde vært store diskusjoner om det var mulig å drive denne banen elektrisk, eller om diesel-elektrisk drift var best.

Siste «hovedlinje» som ble elektrifisert var Dovrebanen, i oktober 1970. Da sluttet også NSBs bruk av damplokomotiver. Den siste ombygging til elektrisk drift skjedde på Arendalsbanen, som ble ferdig i januar 1996.

Gardermobanen ble åpnet mellom Lillestrøm og Eidsvold i oktober 1998, naturlig nok med elektrisk drift.

Omlag 2400 km. av NSBs nett er elektrifisert, og 90 % av trafikken foregår med elektrisk traksjon.

Lokomotiver

De første elektriske lokomotivene ved NSB var lokomotiver som ble overtatt fra Tinnoset- Notodden i 1920. Lokomotivene fikk etterhvert betegnelse El 6 og El 7. Første elektriske lokomotiv bygget til NSB var El 1. El 1 2001 og 2011 er bevart av hhv. Norsk Teknisk Museum og NSB Jernbanemuseet.

I dette heftet skal vi se på de typene som er aktuelle i dag, og grunntrekkene i deres oppbygging og virkemåte.

Vi skiller mellom lokomotiv, motorvogn, mellomvogn og styrevogn (vogn med førerrom). Motorvogntog med styrevogn og eventuelt mellomvogner kalles gjerne «motorvognsett».

Betegnelse

Jernbaneselskapene i Europa har forskjellige systemer for å klassifisere lokomotiver og motorvogner. Samme lokomotivtype i forskjellige land kan ha forskjellig betegnelse. For eksempel har NSBs El 18 i Sveits betegnelsen Re 460 (465). El betyr elektrisk lok, 18 betyr at det er NSBs 18. type. I Sveits betyr R at det er et ekspresstogslokomotiv, e betyr elektrisk lok og 460 er typebetegnelse. I Sverige finner du en tilsvarende måte å betegne lok på, med bokstav for hovedtype og bokstavindeks samt tall for undertype. (Eks. Rc 6).

NSBs elektriske lokomotiver er nummerert fortløpende ved leveranse fra og med nr. 2001. Noen «hull» er det riktignok i nummerserien, og i dag har det blitt vanlig å starte opp en ny lokserie med siste siffer 1. F.eks. har første El 18 nummer 2241.

Motorvognsett betegnes med litra og nummer. Elektriske motorvogner har nummerserien f.o.m. 62 og dieselmotorvogner f.o.m. 81. De mest brukte litrabetegnelser for motorvognmateriell er:

A = 1. klasse
B = 2. klasse
F = reisegodsavdeling
M = motorvogn
S = styrevogn
R = restaurant/bistro
U = motorvogn uten førerrom

Som eksempel kan vi ta motorvognsett type 70. Det består normalt av:

Motorvogn med 2.klasse sitteavd. og reisegodsrom	Mellomvogn 2.klasse	Mellomvogn 2.klasse	Styrevogn 1.klasse, 2.klasse, førerrom.
BFM 70	B 70	B 70	ABS 70

Aksselfølge

Hvordan akslene er opphengt i boggi, eventuelt ramme, og hvilke som har drift går frem av et lokomotivs «aksselfølge».

Eksempler:

El 1:	B' B'	(To boggier med fellesakseldrift)
El 14:	Co' Co'	(To treakslede boggier med enkelakseldrift)
El 18:	Bo'Bo'	(To toakslede boggier med enkelakseldrift)
BM 69A:	Bo' Bo' + 2' 2'	(To toakslede boggier med enkelakseldrift, to toakslede boggier uten drift (styrevogna))

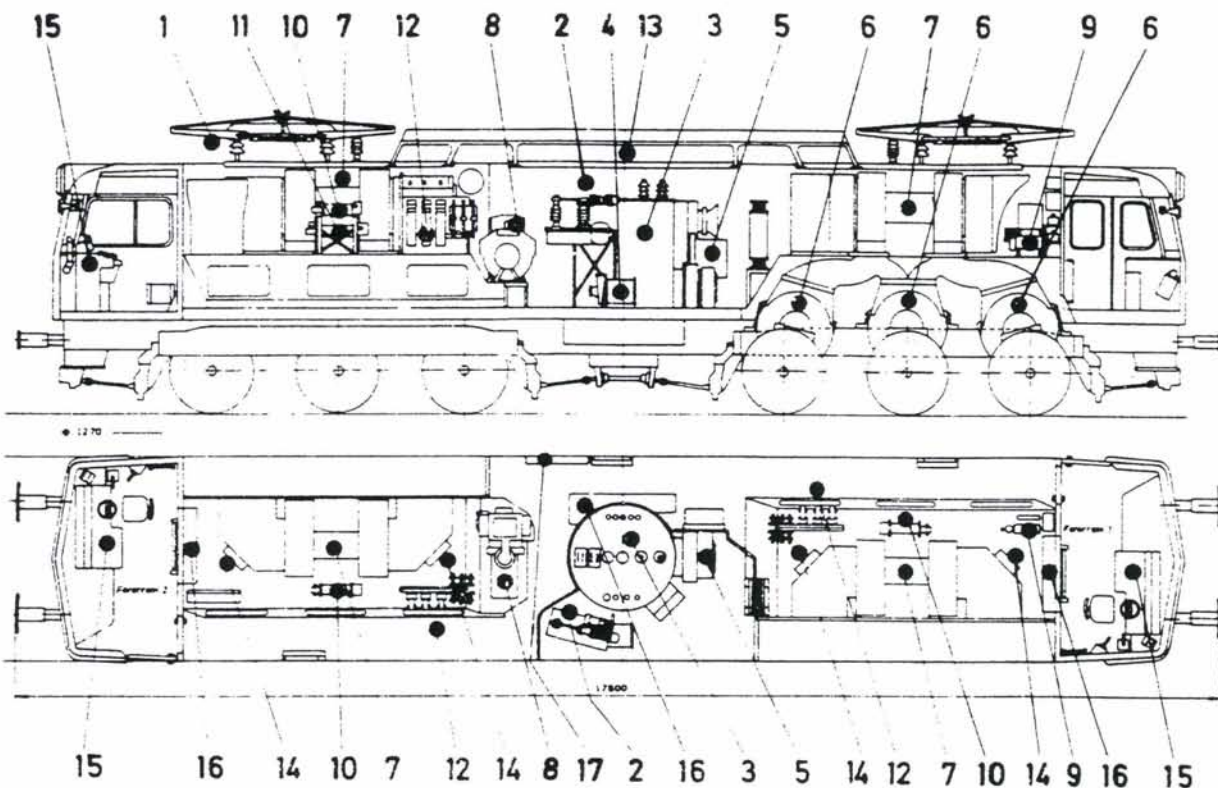
Bokstaver betyr drivaksler (B = to, C = tre osv.)

o betyr enkelakseldrift, dvs. én motor på hver drivaksel.

' betyr fjærende i boggi

Tall angir løpeaksler

Lokomotiv type E1 14



Akselanordning	Co'Co
Sporvidde	1435 mm
Høyde fra overkant skinne til strømavtager- toppøtke, nedsenket	4465 mm
Lengde over buffere	17740 mm
Bredde	3050 mm
Boggisenteravstand	8500 mm
Hjulavstand i boggi	1850 mm
Hjuldiameter	1270 mm
Totalvekt	105 tonn
Akseltrykk	17,5 tonn
Maksimal hastighet	120 km/h

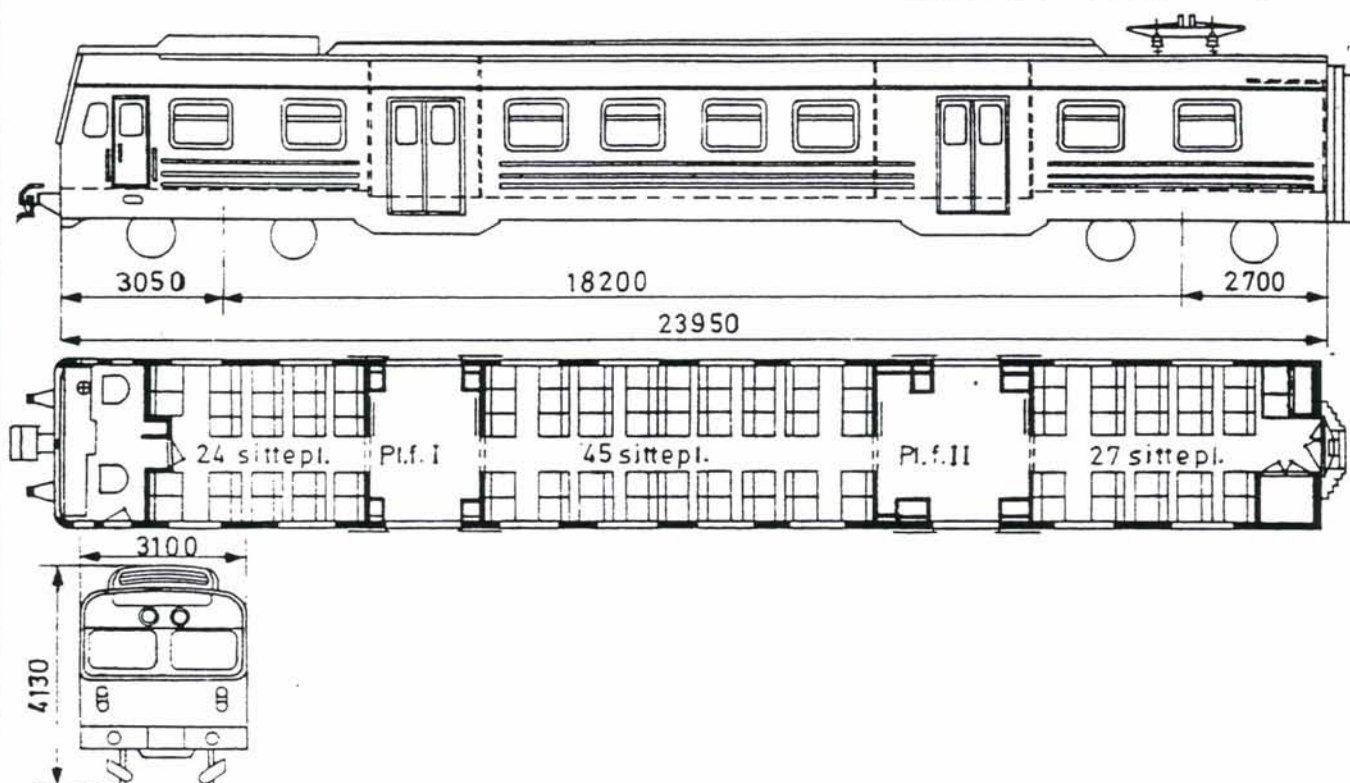
Ydelser på hjulomfanget ved hjuldiameter 1220 mm og ved 15 kV,
16 2/3 p/s på kontaktledningen:

Varig:	Trekraft	21700 kp
	Hastighet	76,5 km/h
	Effekt	4500 kW
1 time:	Trekraft	25000 kp
	Hastighet	72,5 km/h
	Effekt	5100 kW

1	Strømvtager
2	Hoyspenningsbryter
3	Hovedtransformator
4	Oljepumpe
5	Trinnkobler
6	Hovedmotorer
7	Ventilatoraggregat
8	Kompressor
9	Hjelpekompessor
10	Motoromkobler
11	Kjør-Bremseomkobler
12	Motorbrytere
13	Bremsemotstand
14	Likerettere for hjelpemaskiner
15	Forerbord
16	Tavler
17	Hjulflenssmøreapparat

BM 69 D

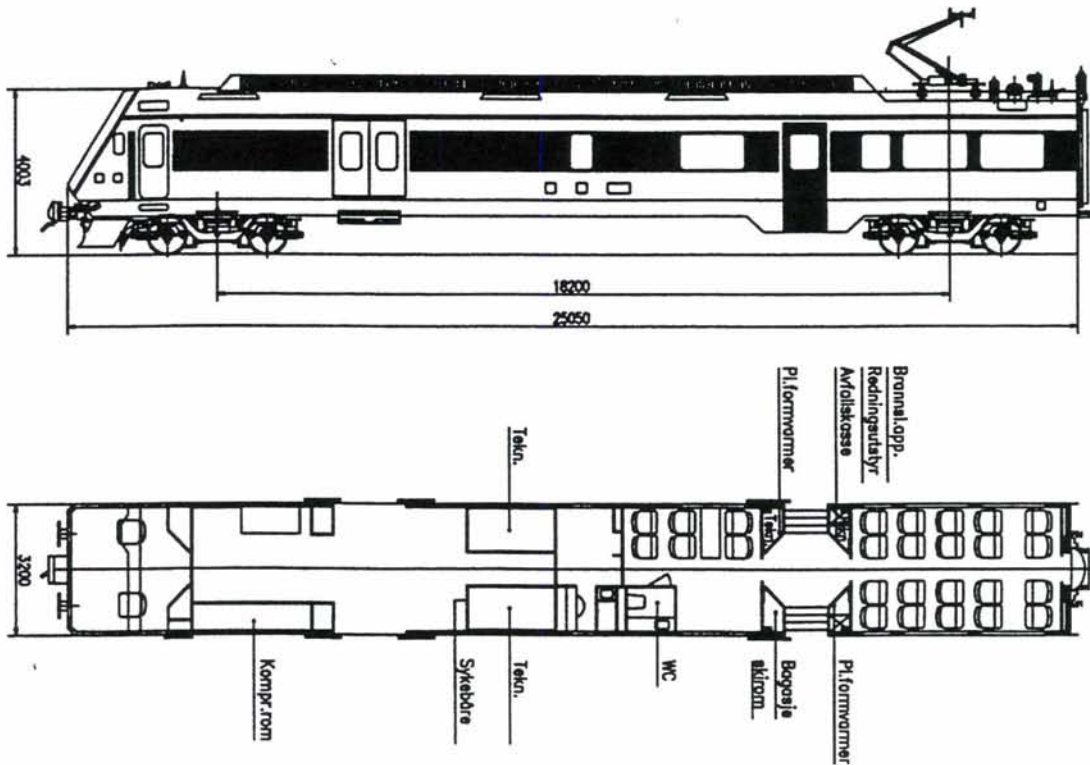
Byggeår: 1982 - 84



Strøm		Motorer					Transformator		Omsetningsforh. fra motor til drivhjul
System	Spennings V	Frekv. Hz	Antall	Klemme spenn. pr.mot. V	Timeytelse pr. motor kW	Ved hastighet km/h	Antall	Kontinuerlig ytelse pr. transf. kVA	
En-fase	15000	16 2/3	4	510	297	95	1	1350	19:69

Lengde over automatkobbel	25,06 m
Boggisenteravstand	18,20 m
Lengde av vognkasse	23,95 m
Bredde " " " "	3,10 m
Største takhøyde over skinnetopp v/tom vogn	4,13 m
Bufferhøyde " " " " " " " "	1,06 m
Boggi etter tegn	1-80884 m/håndbr. 1-80886 u/håndbr.
Antall avdelinger	3
Antall sitteplasser	96
Bremser: El.motstandsbremse KE-T bremse med skivebremse, klossbremse og håndbremse	
Spenning på lysanlegget	36 V
Elektrisk varme effekt	51,5 kW
Vognvekt	58,8 t
Adhesjonsvekt	58,8 t
Største tillatte hastighet	130 km/h

BFM 70



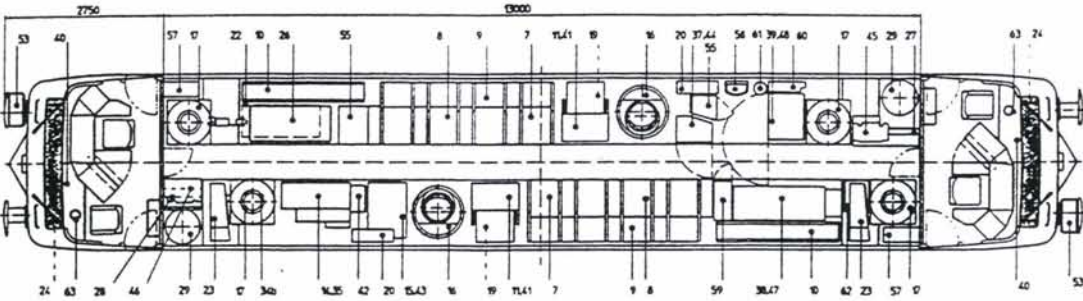
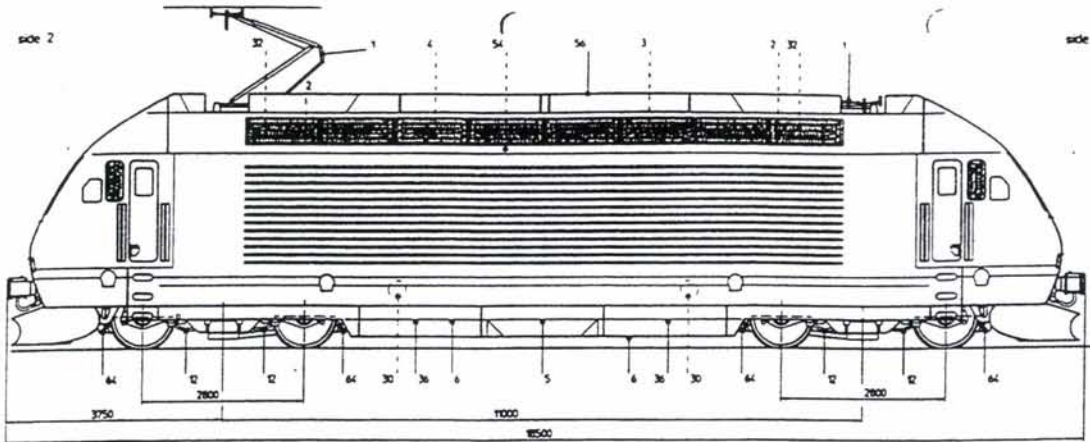
Tekniske data (elektrisk).

Akselfølge:	Bo'Bo'
Sporvidde:	1435 mm
Hjuldiameter, halvt benyttet:	875 mm
Kjøretrådsspenning:	15 kV
Maksimal:	17,25 kV
Minimal:	11 kV
Nettfrekvens:	16 2/3 Hz
Maksimal effekt på hjul:	1720 kW
Varig effekt på aksel:	1190 kW
Maksimal hastighet:	160 km/h
Starttrekkraft:	130 kN
Maksimal elektrisk bremskraft:	130 kN
Begrenset til:	80 kN
Belasting togvarme 1000V:	
med 2 mellomvogner	244 kW
med 3 mellomvogner	314 kW

Ei 18

side 2

side 1



Typesklasse av Ei 18.

Hovedkomponenter

1. Strømvakt
2. Overspenningsvern
3. Heyspenningsbryter og jordsbryter
4. Primærspenningstransformator
5. Hovedtransformator
6. Kasse for sugekrets drosselspole
7. Nettstrømrer
8. Vekselrer
9. Låkespenningsmellomkrets kondensatorer
10. Sugekrets kondensatorer
11. Strømrer apparatskap
12. Traksjonsmotor

Hjelpesystemer

14. Hjelpestømrer
15. Hjelpestømrer apparatskap
16. Oljekjeler for strømrer og transformator
17. Traksjonsmotor ventilator
19. Oljepumpe for strømrer
20. Ekspansjonstank for transformatorolje

Klima-anlegg

22. Kompressoraggregat
23. Trykkregulator apparat
24. Klima-anlegg

Trykkluftanlegg

26. Hoved- og hjelpekompressor
27. Trykkluftavie 1
28. Trykkluftavie 2
29. Hovedluftbeholder
30. Forfallsluftbeholder
32. Tyfon

Styresystemer

35. Batterilader
36. Batterikasse
37. Styrestrømrer apparatskap
38. Elektronikkasap 1 og 2
39. Elektronikkasap 3
40. Bus-stasjon lærerom 1 og 2
41. Bus-stasjon strømrer

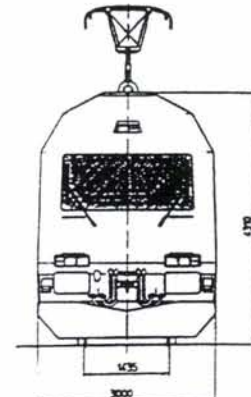
Diverse utstyr

53. Nedfelbar stige
54. Takstige
55. Inventar-rom
56. Service-luke
57. Garderobe-nisje
58. Vask
59. Verktøy og geværskap
60. Vanntank
61. Beholder for brannslukningsanlegg
62. Kjøleskap
63. Assistentplass

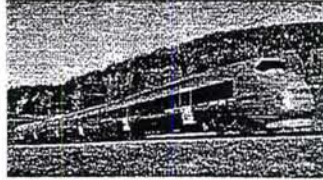
Boggi

64. Bremseklossenhet

Forvaltning / loktype	SBB Re 460	BLS Re 465	VR Sr 2	NSB Ei 18
Idriftsettelse	1992-1995	1994-	1995-	1996-1997
Antall lokomotiver bestilt	119	8	20	22
Loknummer	460 000-118	465 000-007	3201 - 3220	2241 - 2262
Sporvidde	1435 mm	1435 mm	1524 mm	1435 mm
Strømsystem	15kV 16 ^{2/3} Hz	15kV 16 ^{2/3} Hz	25 kV 50 Hz	15kV 16 ^{2/3} Hz
Vekt	84 t	84 t	82 t	83,1-84 t
Maksimal effekt på hjul	6100 kW	7000 kW	6000 kW	5880 kW
Maks. kontinuerlig effekt	4800 kW			5400 kW
Maksimal hastighet	230 km/h	230 km/h	230 km/h	200 km/h
Starttrekkraft	275 kN	300 kN	300 kN	275 kN
Lengde over buffer	18500 mm	18500 mm	18500 mm	18500 mm
Bredde	3000 mm	3000 mm	3000 mm	3000 mm
Heyde	4310 mm	4310 mm	4310 mm	4322 mm
Boggi senter avstand	11000 mm	11000 mm	11000 mm	11000 mm
Akselavstand i boggi	2800 mm	2800 mm	2800 mm	2800 mm
Hjuldiameter (ny)	1100 mm	1100 mm	1100 mm	1125 mm
Bremseystem	OKE 1)	OKE 1)	Knorr HSM	Knorr HSM
Mekaniske bremser	Kloss + skinnbremse	Kloss + skinnbremse	Kloss	Kloss
Enkeltakseldrift	Nei (boggi)	Ja	Ja	Ja
Førerplass	Venstre side	Venstre side	Høyre side	Høyre side
"Skjert" og takdeksel	Ja	Ja	Nei	Ja
Battenspenning	36 V	36 V	110 V	110 V
Togvekt / stigning / hastighet	650 t i 27 ‰ i 80 km/h	650 t i 27 ‰ i 80 km/h	700 - 350 t, horisontal i 160 - 200 km/h	ca 800 t i 21 ‰ i ca 80 km/h



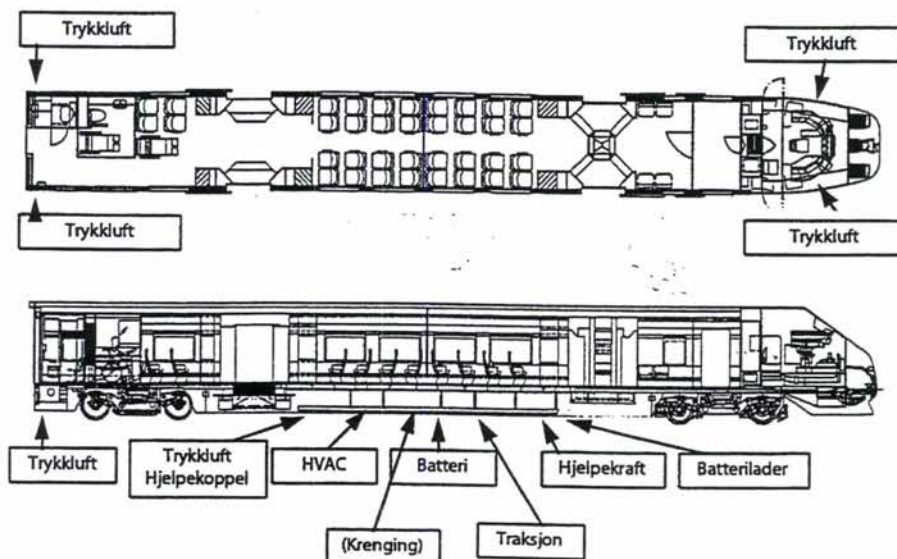
Hoveddata Flytog



- Vognbetegnelser : BM- BMU- BFM
- Total lengde, bredde og høyde : 82 x 3,05 x 3,7 meter
- Vekt : 158 tonn
- Aksellast motorboggi : 16,5 tonn
- Aksellast løpeboggi : 15,5 tonn
- Maks. kontinuerlig ytelse : 1950 kW
- Maks. kortvarig ytelse : 2645 kW
- Maks. trekkraft v/ start : 118,6 kN
- Maks. trafikkhastighet : 210 km/t

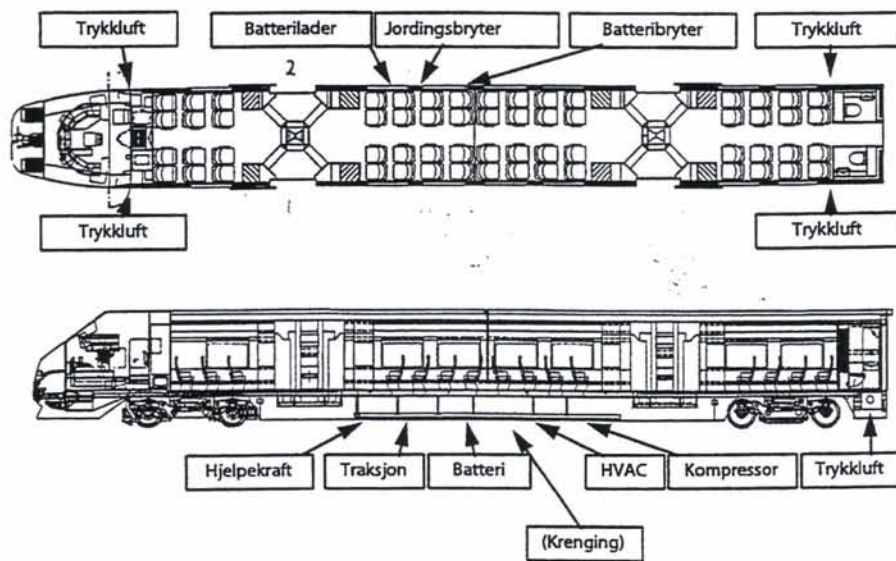


Vogn BFM Litra : ..101



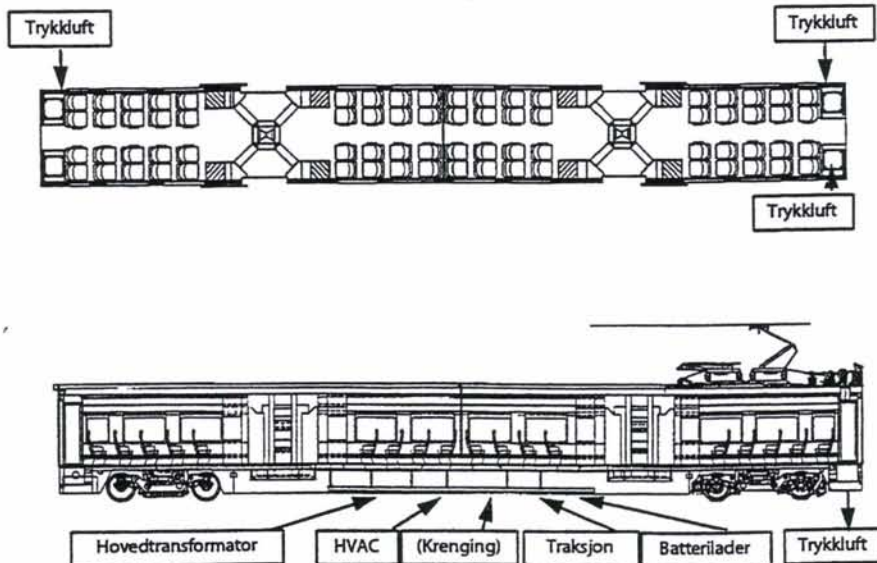
Flytoget ✈️
Airport Express Train

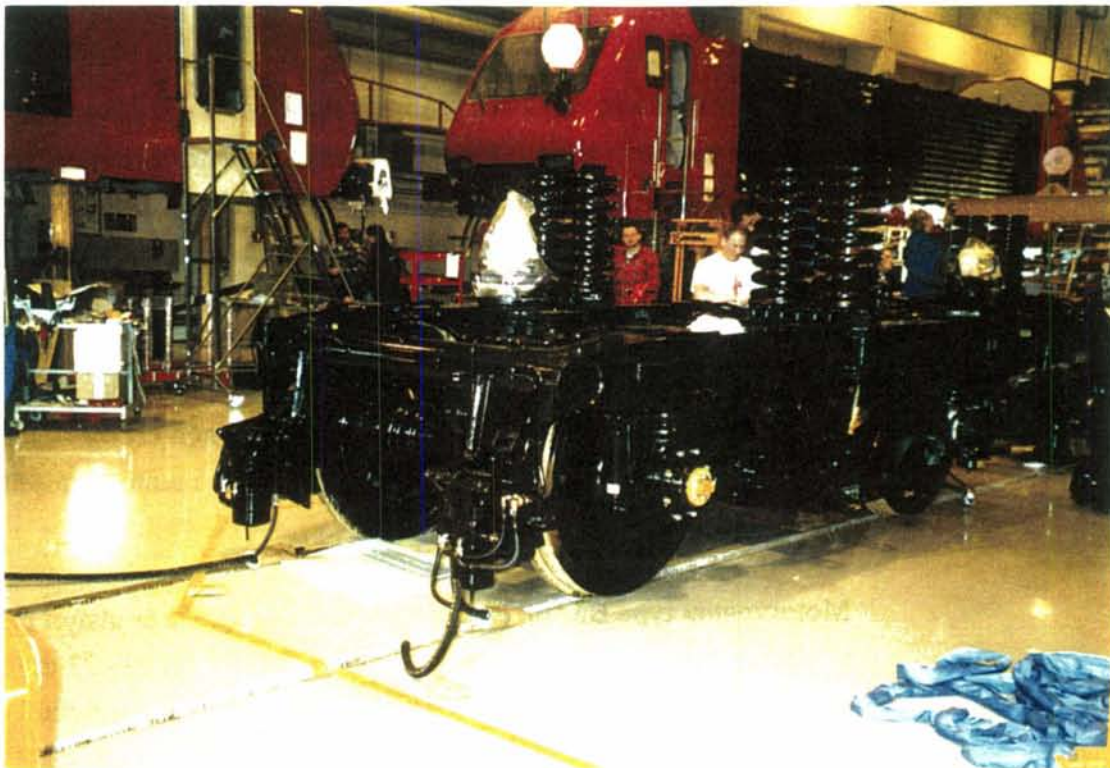
Vogn BM Litra:..001



Flytoget ✈️
Airport Express Train

Vogn BMU Litra:..201





Boggi El 18

Mekanisk oppbygging

Oppbygging av lokkasse, ramme og boggier samt overføring av krefter finner du beskrevet i Trykk 727, Lokomotivlære, og vi skal ikke gå detaljert inn på dette her.

Nesten alle elektriske lokomotiver i drift på NSB i dag har boggier med trekk og bremsekrefter overført til lokkassen, der dragkrogen er festet. Lokomotivkassen er en selvbærende konstruksjon.

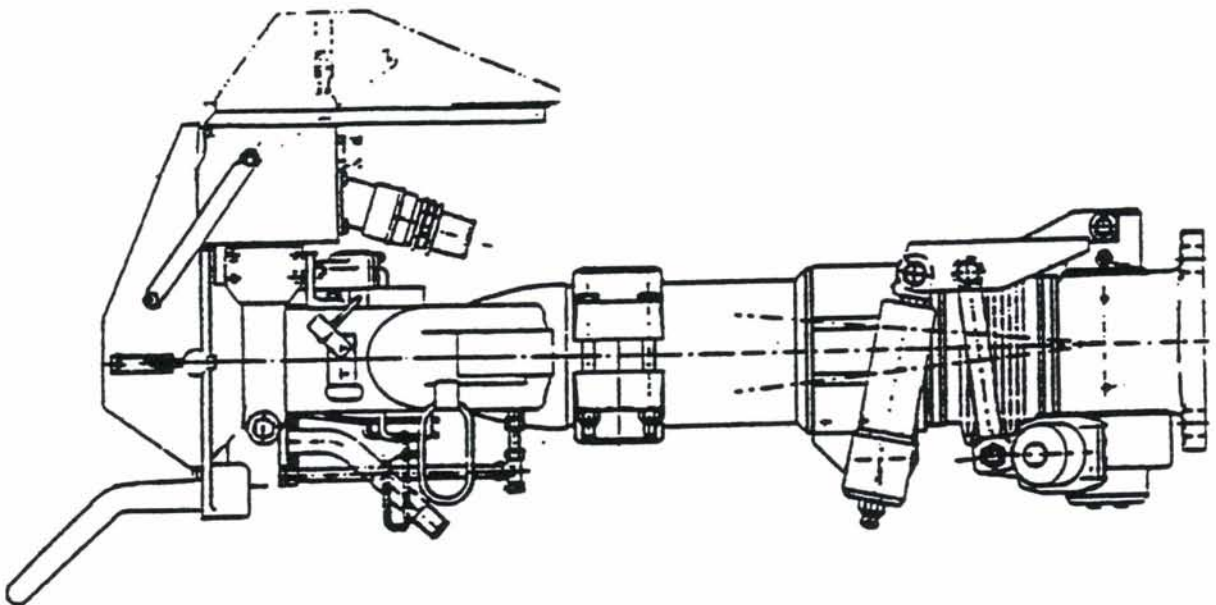
Overføring av krefter skjer enten via sentertapp (El 13), trekkstenger (El 14), trekkstenger og sentertapp (El 15-16), eller strekk/trykkstenger (El 17-18).

Tidligere hadde man også lokomotiver utført som såkalte «stivrammelok» hvor akslene er opplagret via akselkasseføringer og fjærbalanser i selve rammen på loket. Rammen utgjorde den bærende konstruksjon. Trekkrefter ble overført via akselkasseføringen. Lokomotivene hadde koplestenger som overførte kraften fra motor oppbygd på lokomotivrammen via blindhjul til drivhjulene.

På boggi-lokomotiver er det vanligvis én drivmotor for hver aksel. Det kan også være aksler uten motor, slik som på for eksempel BM 71. Motorene er enten opplagret i boggiramme eller lokomotivkasse, avfjæret i forhold til akselen. (Såkalt «fjærende drivanordning»).

Motorvogner har vanligvis ett eller to førerrom i vogna. Ett motorvognsett består av motorvogn(er), mellomvogn(er) og styrevogn. En kan også ha motorer i alle vognene i motorvognsettet (BM 71).

Motorvogner type BM 68 er de eldste i drift i dag. De er utstyrt med vanlige skrukoppel og buffere. På motorvognsett type 69 - 73 er motorvogn, mellomvogn og styrevogn fast koplet med spesielle kopler, og kan bare deles i verksted. Motorvognsettene kan skjøtes til lengre enheter ved at de i enden har automatisk koppel type Scharfenberg (Dellner). Ved hjelp av "hjelpkoppel" kan disse togene også koples til lokomotiver i nødsituasjoner.



Hjul, Drivanordninger

Hjulene inndeles i løpehjul og drivhjul.

Drivakslene blir drevet fra traksjonsmotorene. Derved oppstår lokomotivets eller motorvognsettets trekkraft, under forutsetning av at adhesjonen mellom hjul og skinne er så stor at hjulene ikke slirer. Den vekt som alle drivakslene bærer tilsammen kaller vi adhesjonsvekt. Adhesjonsvekten avgjør hvor stor starttrekkraft et lokomotiv eller motorvogn kan ha. Reguleringsteknikk og akselens mulighet til radiell innstilling i kurver kan bedre starttrekkraftforholdet noe, men til syvende og sist er adhesjonsvekten svært viktig.

Fra traksjonsmotoren overføres kraften via tannhjul og drivanordning til hjulene. Som eksempel kan vi se på El 17. Motoren er opplagret i boggirammen. På motorakselen sitter et lite tannhjul. Dette er i inngrep med et stort tannhjul, opplagret på en «stummel», fast i forhold til motoren. Til det store tannhjulet er festet medbringere, som via lenker med gummiforinger drar en hulaksel. Denne hulakselen har i motsatt ende igjen medbringere og lenker som er festet til hjulet.

En slik fjærende drivanordningen muliggjør at akselen kan bevege seg og er avfjæret i forhold til motoren. På grunn av hulakselen dempes vridmoment. Slag og støt fra skinnegangen avfjæres i forhold til motoren.

Ikke fjærende drivanordning, dvs. banemotor opplagret direkte på drivaksel (såkalt «sporveisoppheng») finner vi i dag bare på dieselelektriske lok type Di 3.

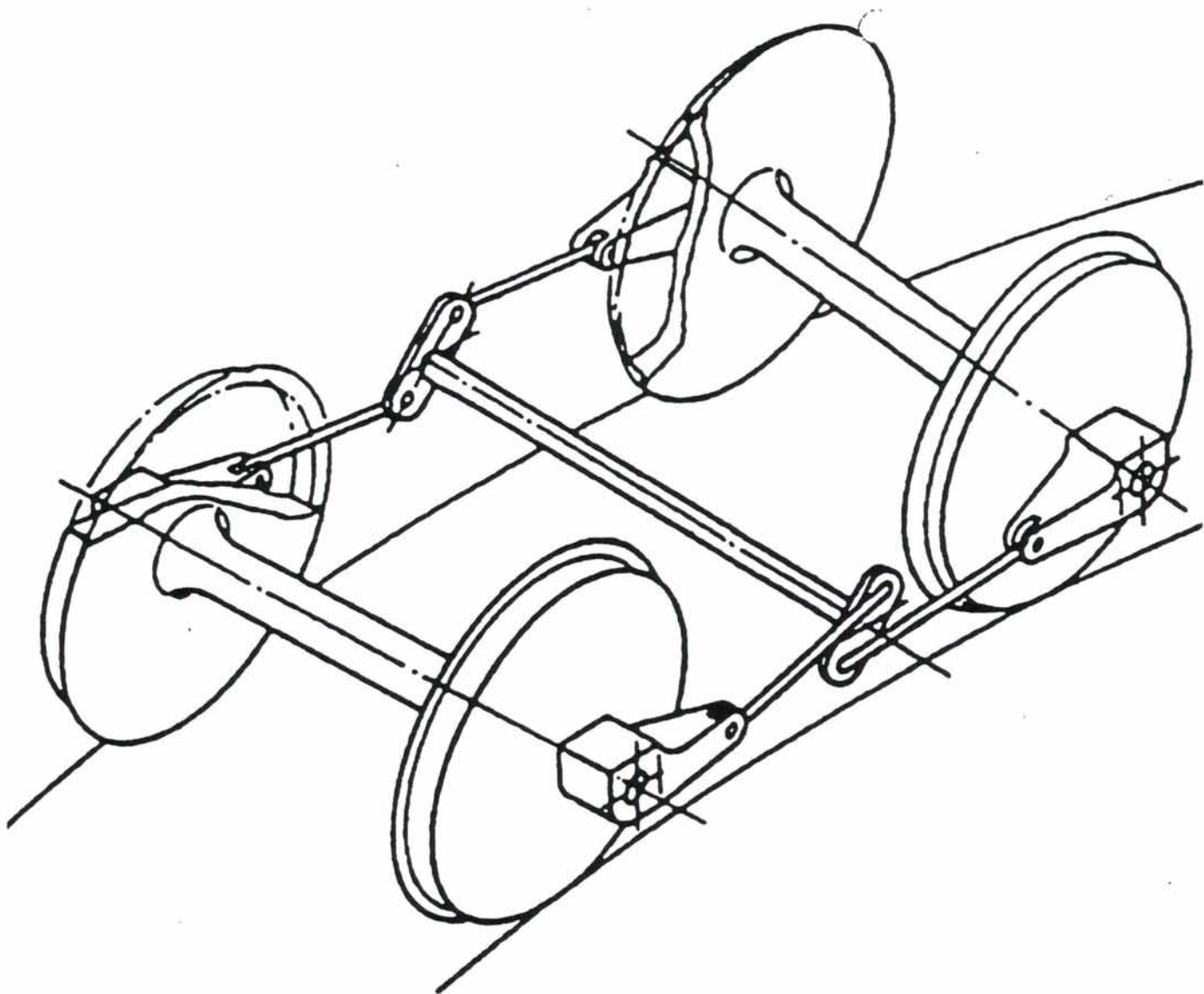
Tannhjulene er innelukket i drevkasser, og smøres med fett.

For å bedre lokomotivets gange i kurver og muliggjøre større adhesjonskraft, samt dempe påkjenninger på sporet ønsker man en mest mulig radiell innstilling av hjulakselen. Det laget forskjellige løsninger på dette opp gjennom tiden. På El 11, 13 og 14 finner vi en såkalt tverrkobling mellom boggiene. Første boggi vil ved kjøring inn i kurver forsøke å stille inn neste boggi. Bakre boggi vil i sin tur

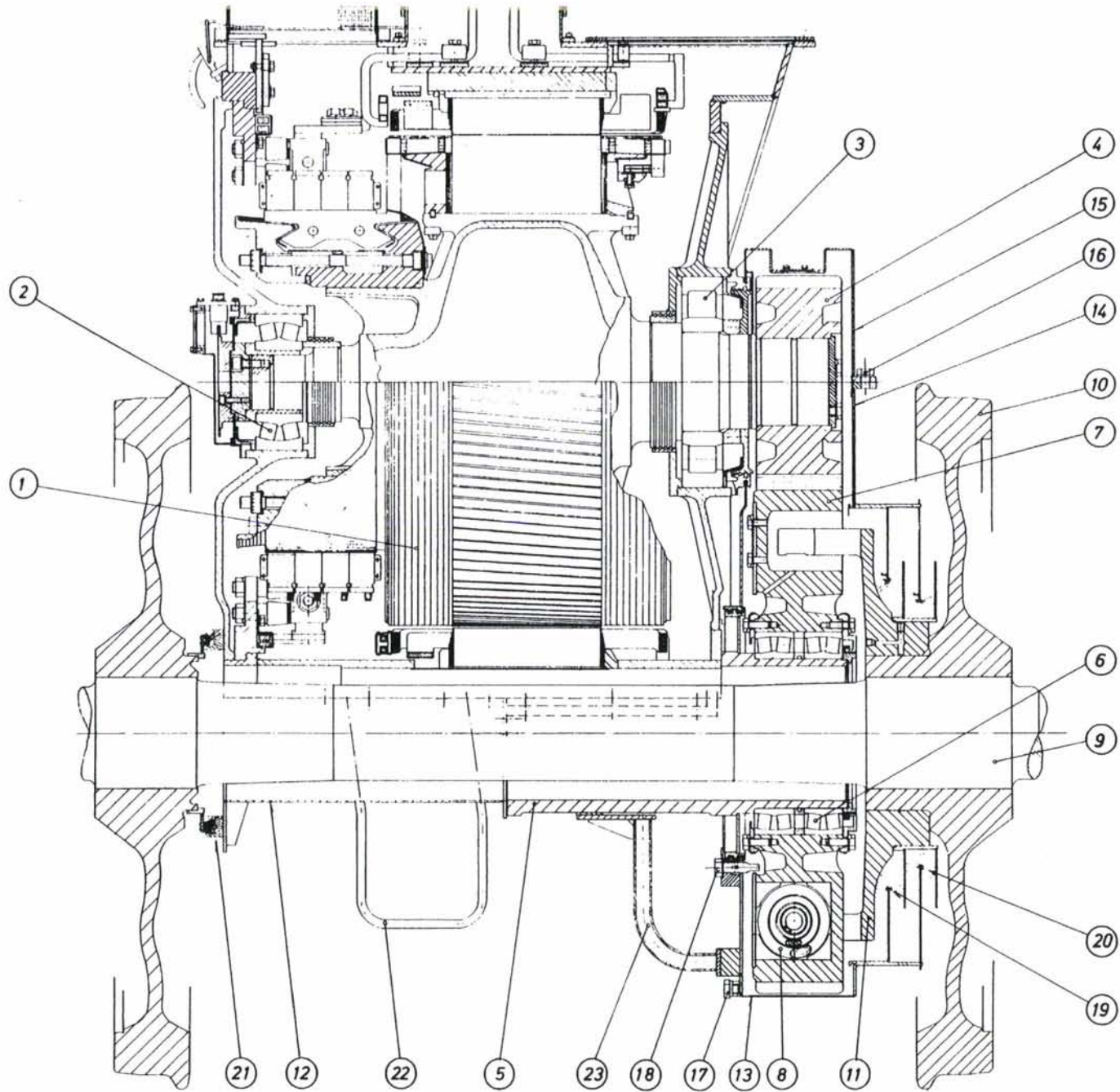
øve en kraft på forreste boggi slik at angrepsvinkelen flens-skinne blir minimalisert.

På El 16 og 17 er det muligheter for bevegelse av akselkasse i lokets lengderetning, slik at akselen kan stille seg inn radielt.

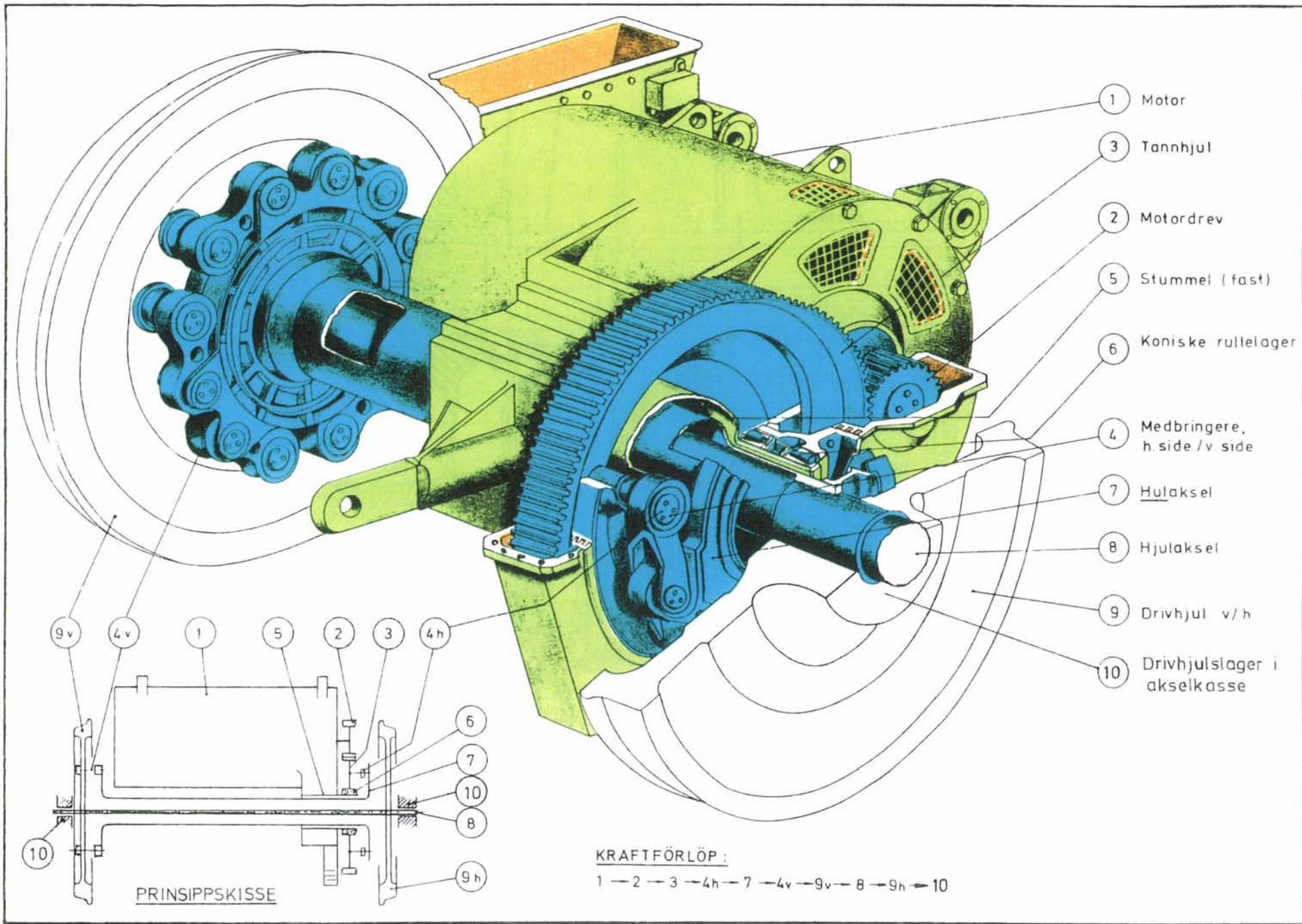
På El 18 er det en kopling mellom akslene i boggien slik at akslene gjensidig styrer hverandre.



Boggi type SLM på El 18 har en kopling mellom akslene i boggien slik at man oppnår tilnærmet radiell innstilling av akslene i kurver.



23	Sikkerhetsbøyle
22	— " —
21	Tetningsbørste
20	— " —
19	— " —
18	Oljeleder
17	Oljetappeplugg
16	Sekskantskrue
15	Tannhjulskasse, overdel
14	— " —, mellomdel
13	— " —, underdel
12	Aksel forskaling
11	Medbringer
10	Hjulskive
9	Hjulaksel
8	Fjæranordn. i tannhjul
7	Tannhjul på stummel
6	Rullelager på stummel
5	Stummel
4	Tannhjul på hovedmotor
3	Rullelager for hovedmotor
2	— " — " — " —
1	Hovedmotor

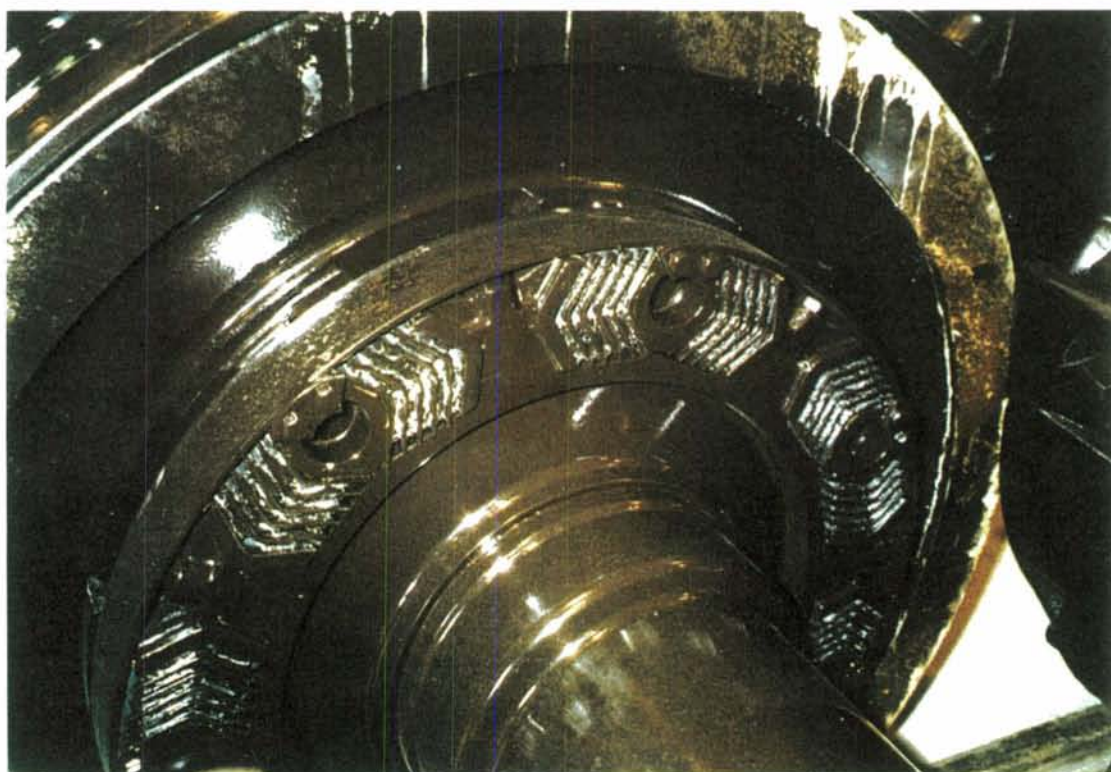
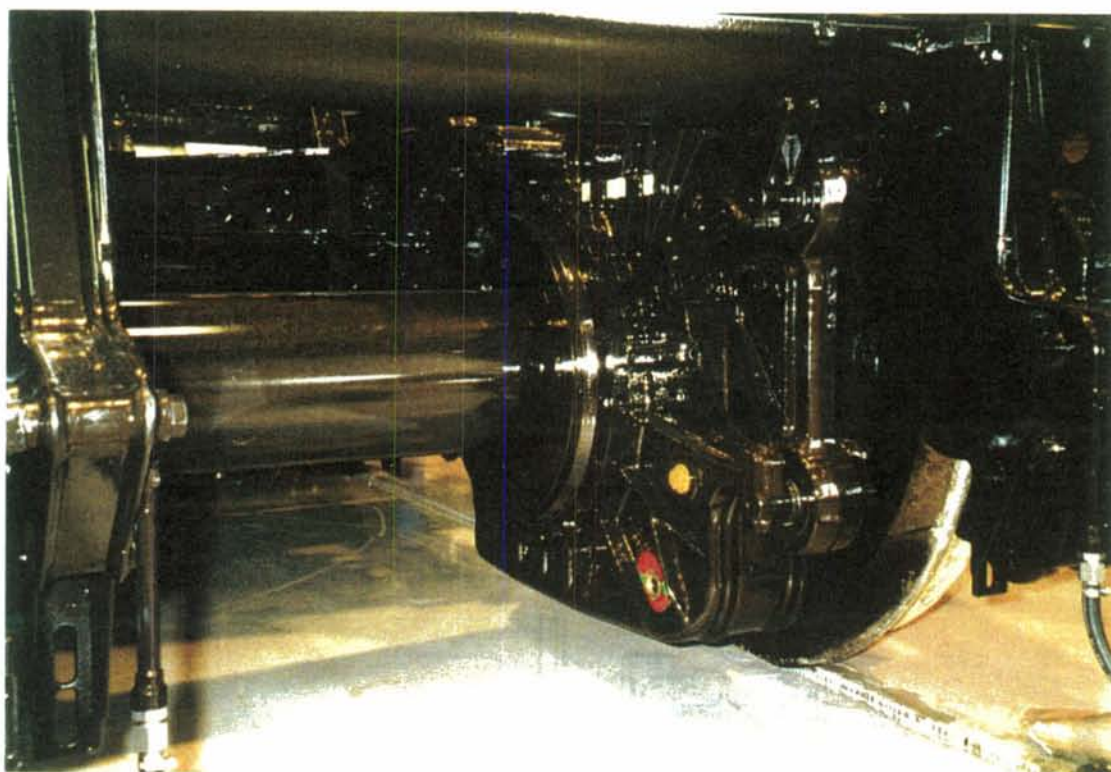


- 1 Motor
- 2 Motordrev
- 3 Tannhjul
- 4 Medbringare, h. side / v. side
- 5 Stummel (fast)
- 6 Koniske rullelager
- 7 Hulaxsel
- 8 Hjulaxsel
- 9 Drivhjul v/h
- 10 Drivhjulslager i aksekasse

KRAFTFÖRLÖP :
 1 → 2 → 3 → 4h → 7 → 4v → 9v → 8 → 9h → 10

PRINSIPSKISSE

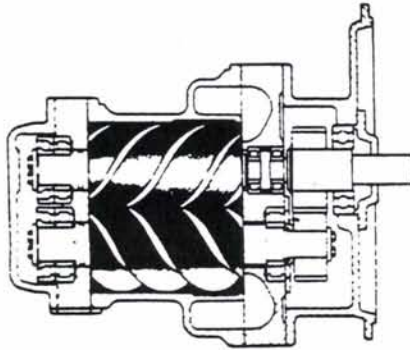
Fotos av drevkasse og medbringer-elementer på El 18



Krenging

El 18 er bygget med passiv krenging av lokomotivkassen i kurver. Dette oppnås ved høyt opplagringspunkt for boggien, og lavt tyngdepunkt i lokomotivkassen.

Trykkluft



Skruekompressor

Trykkluft nyttes til bremsesystemer og til mange elektriske komponenter som strømtaker, høyspentbryter, betjeningsmotor, motorbrytere, kjørbremsomkopplere m.v.

Vanligste type kompressor er skruekompressorer, men også stempelkompressorer nyttes (El 14 og BM 68.)

Skruekompressoren har ingen ventiler eller stempler. Kompresjonen skjer i rommet som dannes mellom rotorenes gjenger og kompressorhuset. Gjennom en innløpsåpning i kompressorhuset suges luften inn i rommet som dannes mellom rotorenes gjenger. Forbindelsen til innløpsåpningen brytes og ved videre rotasjon av rotorene minskes luftlommene og kompresjonen skjer uten pulsasjoner.

Under kompresjonen sprutes olje inn mellom rotorenes gjenger. Oljens oppgave er å kjøle den oppvarmede luft etter

komprimeringen, tette klaringen mellom rotor og rotorhus samt smøre rotorens lagre. Olje- vannutskillere og tørkeanlegg er viktige komponenter for å få tørr trykkluft til brems og andre viktige funksjoner.

Bremser

Lokomotiver og motorvogner er utstyrt med:

Håndbrems/ parkeringsbrems. Enten skrubremse som virker på alle hjul, eller bestemte aksler, eller fjærkraftbremse på enkelte aksler. Fjærkraftbremsen kan frigjøres mekanisk ved flytting av lok på verksted, men medfører fare fordi lokomotivet/motorvognen da ikke har brems overhode.

Trykkluftbremse. Alt materiell er utstyrt med automatisk virkende trykkluftbremse. Lokomotiv og motorvogn har førerbremsventil /anlegg for manøvrering av bremsen. Knorr type D nyttes på BM 68-69, El 13 - 16. Førerbremsanlegg HDP finner vi på El 17 og BM 72, og HSM er det på BM 70, 71, 73 og El 18.

Alle lokomotivtyper, og enkelte motorvogntyper har dessuten direktevirkende brems.

Elektropneumatisk brems. Noen motorvogner og lokomotiver med hastighetsautomatikk (BM 69- 73, El 17 + vogner type 7) har også elektropneumatisk brems. Denne kjennetegnes av rask gjennomslagstid, ved at styreventilene i toget manøvreres gjennom elektriske ledninger.

Elektrisk brems kan vi oppnå ved å la traksjonsmotorene under kjøring nedover fall arbeide som generatorer. Energien som produseres (dvs. bevegelsesenergi som overføres til elektrisk energi) kan leveres tilbake til kontaktledningen. Det kaller vi for nettbremse. (El 17-18, BM 70-73).

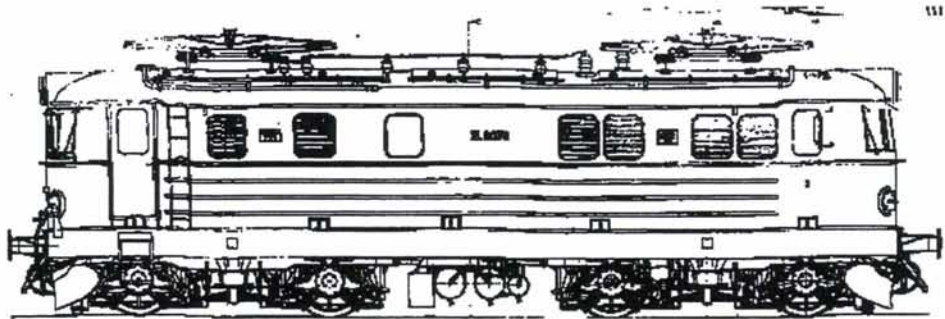
Energien kan også forbrukes i motstander. Da kaller vi det for motstandsbremse.

Bremsekraften reguleres ved hjelp av kjørekontrolleren.

Skinnebrems finnes på BM 69 og 70. Bremsvirkning oppnås ved at bremseklosser senkes ned til skinnene og magnetiseres. Dette er en ren nødbrem. Den aktiveres når det foretas nødbrem, eller ved egen bryter.

Slirebrems er ikke en brems i den forstand. Den nyttes for å motvirke at hjulene slirer, og er også med på å bedre adhesjonsforholdet. Bruk av slirebrems muliggjør overføring av større starttrekkraft. Slirebremsen betjenes ved trykknapp eller pedal, og et fast innstilt bremsesyndertrykk oppnås hurtig.

For en grundig omtale og beskrivelse av trykkluftbrems er henvises til trykk 705.



El 11 var det første el-lokomotivet med boggier og enkelakseldrift ved NSB, bygget etter modell av Bern-Lötschberg-Simplons type Ae 4/4. (BBC/SLM). Lokomotivet ble bygget av NEBB og Thune mek.vst.

Høyspenningsdel

Til høyspentdelen regnes komponenter som er tilkopleet spenninger over 1000V.

Strømvaktakere

Den elektriske energi overføres fra kontaktledning til lokomotiv ved hjelp av strømvaktaker. Denne må utformes slik at energien kan overføres også ved store hastigheter.

Noen krav til en god strømvaktaker:

- ⇒ Må gi en god ledende forbindelse, uten gnistring
- ⇒ Må kunne innstille seg raskt uten svingninger til nye høyder
- ⇒ Må kunne heves og senkes raskt uten for sterke slag
- ⇒ Må ha liten treghet
- ⇒ Må ha stor sideveis stabilitet
- ⇒ Kontakttrykket mest mulig stabilt
- ⇒ Må fungere godt også ved store luftstrømninger

Strømvaktakeren står under spenning og er isolert mot tak med isolatorer. På materiell som er utstyrt med to strømvaktakere nyttes normalt bare den ene. Normalt er det den bakerste, hvis vi nytter den forreste vil det bli for stort vindtrykk. Kjører vi ekstra forspansslokomotiv nytter vi likevel den forreste strømvaktakeren på dette lokomotivet. Det er for å få lengst mulig avstand mellom strømvakterne.

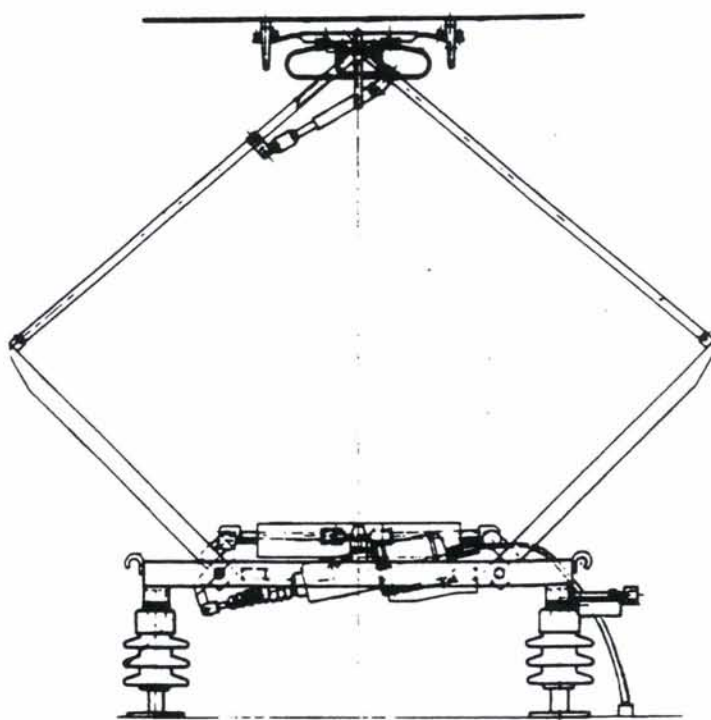
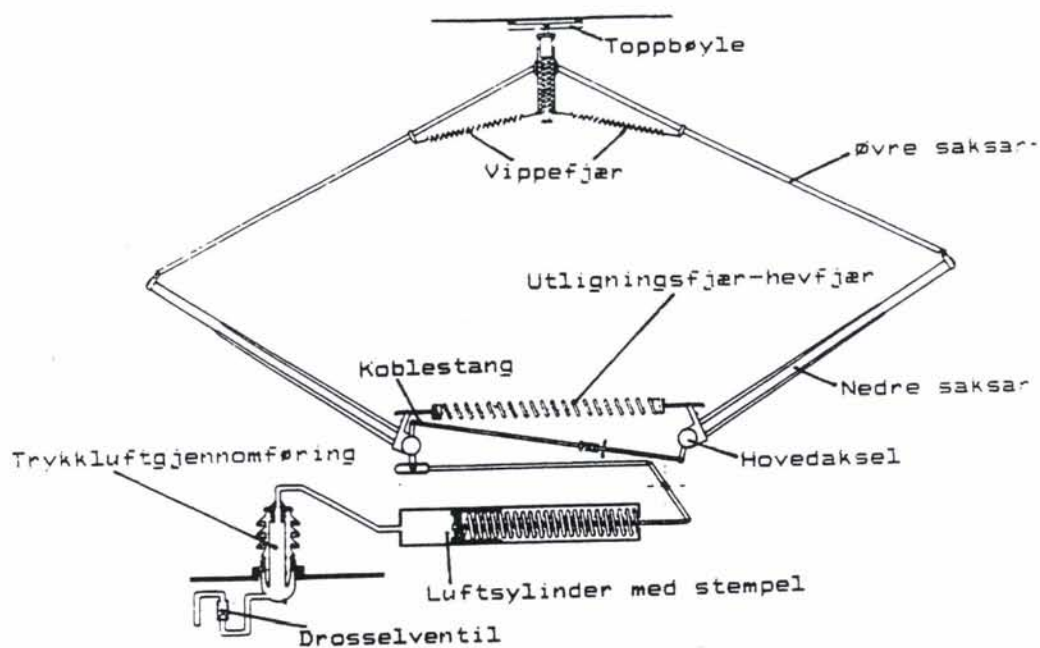
Det er viktig å huske på at også den strømvaktakeren som ikke er i bruk er under spenning. Den kan imidlertid ved skade fraskilles med skillekniv.

Vi skiller mellom saksestrømvaktakere («pantograf») og enbens strømvaktakere.

Strømvaktakeren består av ramme, armer med fjæring, toppbøyle med fjæring, drift med styring.

Som slepeestykke nyttes kullkontaktstykker av elektrografitt.
Spesielle aluminiumslegeringer kan også nyttes.

Slepeestykke, og selve strømvaktaken, er viktig sjekkpunkt for en lokomotivfører og for vedlikeholdspersonalet. Feil på strømvaktaken kan føre til nedringing av kontaktledningen, og få store konsekvenser for trafikken.



Strømvaktaker.

Heving av strømvaktaker kan skjer ved hjelp av trykkluft. I figuren er vist en vanlig saksestrømvaktaker. Luften slippes inn i en sylinder mot et stempel. Luften trykker stemplet inn, fjæren spennes og kraften fra denne overføres via koplestenger til hovedakslene. Utligningsfjærene eller hevefjærene er hele tiden spent, og disse trekker seg nå sammen og strømvaktakeren heves. Ved senking slippes luften ut av sylinderfjæren og stemplet går tilbake og bidrar sammen med tyngden av strømvaktakeren til senking av denne.

For å få trykkluft ved opprigging av lokomotiv er det enten utstyrt med håndpumpe, eller hjelpekompressor drevet av batteriet.

Luften til strømvaktakeren styres via en spesiell elektropneumatisk ventil, slik at man ved elektrisk impuls kan heve eller senke strømvaktakeren. Ventilen blir liggende i sist betjente stilling («Ned» eller «Opp»). På eldre lokomotiver har vist seg at ventilen kan ved sterk kulde, eller kombinasjon av kulde og fuktighet i luftanlegget, fryse fast. Noen lok er utstyrt med kran for å kunne mate trykkluft utenom ventilen (direktestyrt).

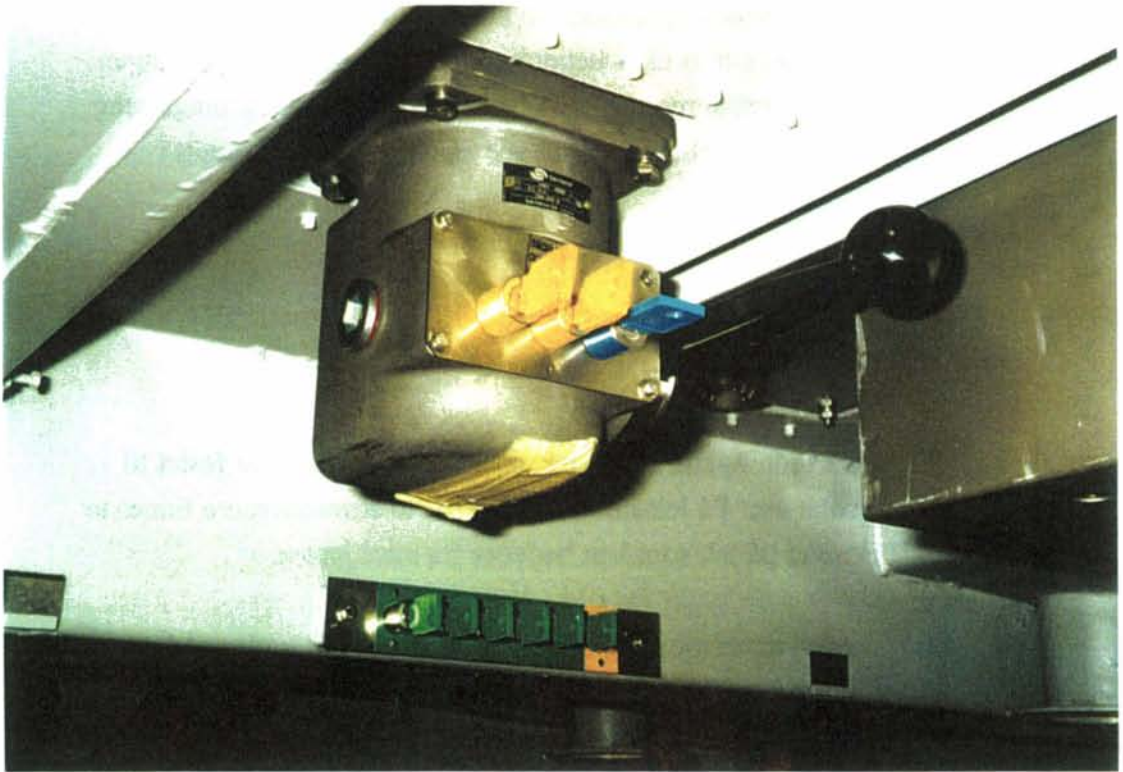
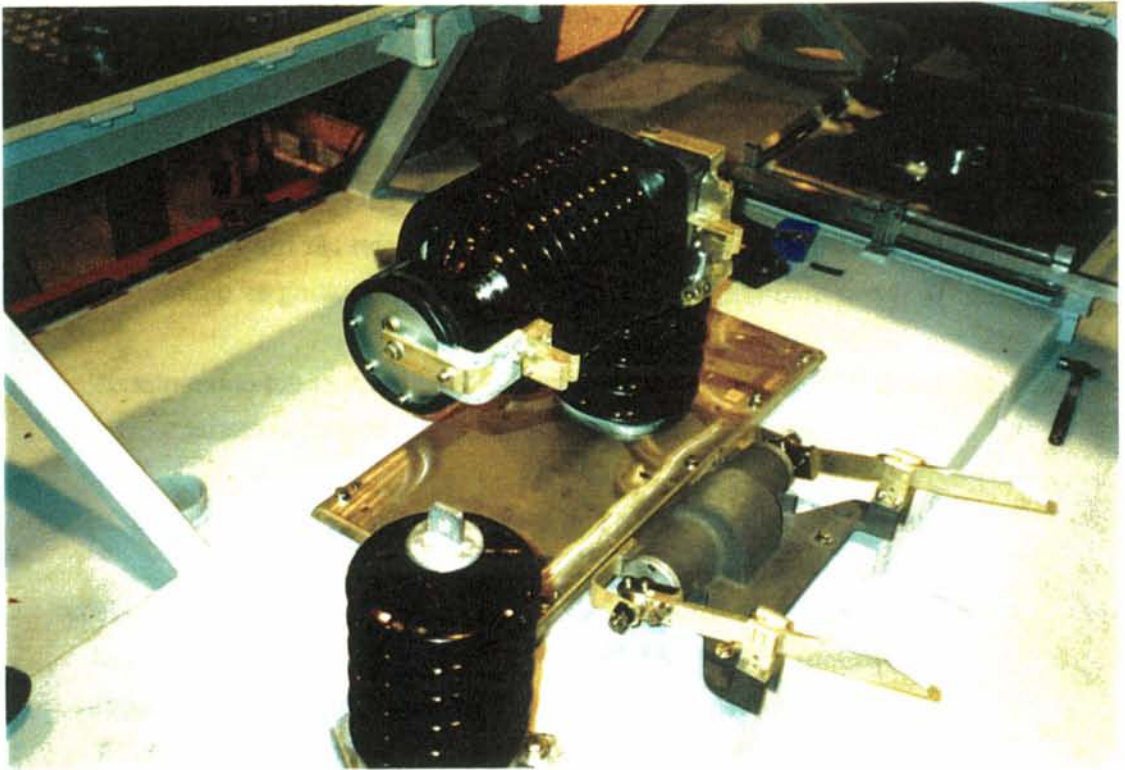
Til å heve strømvagtere uten trykkluft, eller ved isdannelse på strømvaktaker, kan brukes betjeningsstang. Med betjeningsstangen dyttes strømvaktakeren opp mot kontaktledningen. Betjeningsstang finnes ved lokomotivstaller, og ved enkelte stasjoner, angitt i driftshåndboka.

Takutstyr

Elektrisk ledningsføring på tak skjer ved stålrør som er festet til støtteisolatorer. På lokomotiver som har to strømvagtere finnes to skillekniver på tak som kan betjenes fra maskinrom.

Jordingsbryter er montert slik at høyspentutstyret jordes på begge sider av høyspentbryter, og kan betjenes fra maskinrom. Strømvaktakerene må være senket. På nyere lokomotiver kan ikke jordingsbryter betjenes uten at strømvaktaker er nede.

På taket kan vi også finne annet utstyr, som motstander for motstandsbrems, antenner for togradio, og på BM 69 også klimaanlegg.



*Høyspentbryter Secheron BVAC med jordingsbryter (øverst).
Betjeningshåndtak for jordingsbryter, med forriglingsnøkler.*

Høyspentbrytere

Høyspentbrytere, også kalt effektbrytere, er bygget for automatisk, eller ved betjening å kunne bryte normal strøm, eller store strømmer som oppstår ved kortslutning eller jordslutning på elektriske anlegg. Bryterne må arbeide raskt og effektivt.

Når slike store strømmer brytes oppstår en lysbue, dvs. at strømmen fortsetter å gå gjennom lufta. Det er stor motstand i luft, og det vil derfor bli en høy temperatur som kan brenne opp selve bryteren. Vi må derfor ha en bryter hvor denne lysbuen kan slukkes, eller plassere selve bryteren i vacuum. Begge metodene nyttes.

Høyspentbryterne betjenes elektrisk. En holdestrøm holder bryteren i innstilling, brytes denne går bryteren i ute-stilling. Bryteren betjenes fra førerbord, eller overstrømreler som ved jordslutning raskt kopler ut høyspentbryteren. På nyere materiell er betjening i førerbordet koplet i avhengighet til strømvtagerbetjening. Hvis strømvtager er nede når lokfører gir impuls «høyspentbryter inn», går først strømvtager opp og deretter høyspentbryteren inn. Betjenes «strømvtager ned» koples først høyspentbryter ut.

Ved oppkopling av lokomotiv eller motorvogn må det være tilstrekkelig trykkluft, normalt ca. 6 bar for å få inn høyspentbryter. Materiellet er derfor utstyrt med hjelpekompressor.

Trykkluftbryter

Trykkluftbryter

Trykkluft blåser ut lysbuen. Trykket er ca. 6 bar. Bryteren trenger maksimum 0,05 sekunder for brytingen.

Bryteren blokkeres mot utkopling ved ca. 4,5 bar.

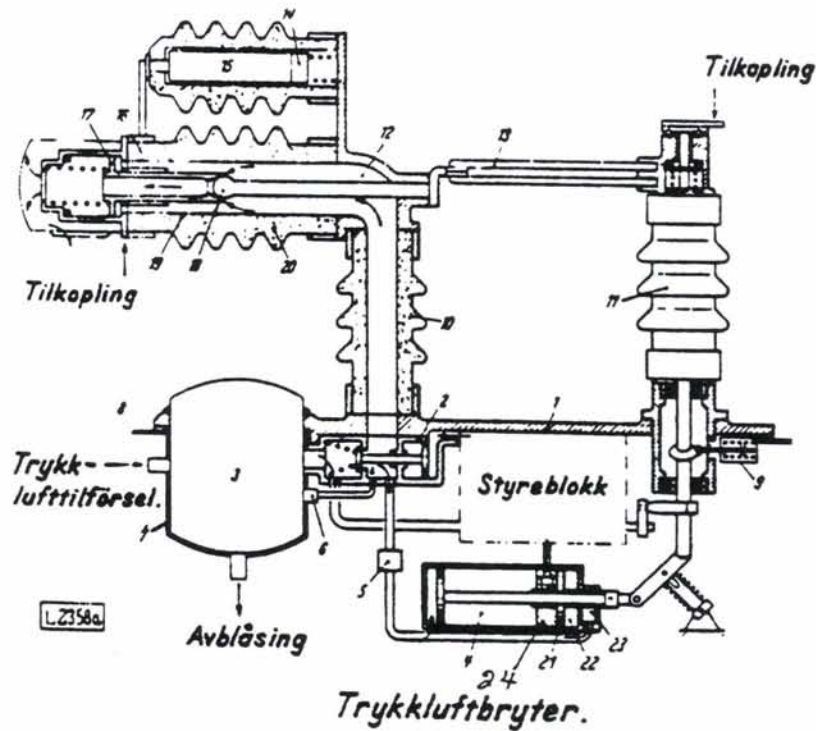


Fig. 5.9

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. Grunnplate | 13. Skillekniv |
| 2. Hovedventil | 14. Lufttørrer |
| 3. Trykkluftbeholder | 15. Motstand |
| 4. Driftsanordning for skillekniv | 16. Kontaktør |
| 5. Forsinkelsesventil | 17. Stempel |
| 6. Gjennomluftingsventil | 18. Fast kontakt |
| 7. Varmeisolasjon | 19. Bevegelig kontakt |
| 8. Lokomotivtak | 20. Slukkekommerisolator |
| 9. Hjelpekontakt | 21. Dempningstempel |
| 10. Trykkrøisolator | 22. Dempningsylinder |
| 11. Dreieisolator | 23. Tilbakeslagsventil |
| 12. Slukkekommer | 24. Mellomstykke |

Bryteren består bl.a. av en skillekniv (4) der innkopling skjer, og en bevegelig kontakt (19) der bruddet innledes ved utkopling, hvorefter permanent brudd skjer med skillekniven (4).

Ved impuls for utkopling strømmer trykkluft gjennom den åpne hovedventil (2) og gjennom trykkrørisolatoren (10) og inn i slukkekompartimentet (12). Luften trykker på stempelet, mot fjærkraften, på den bevegelige kontakten. Trykkluft strømmer forbi den faste kontakt gjennom den bevegelige kontakt og til fri luft.

I den kraftige luftstrømmen blir lysbuen slukket når vekselstrømmen passerer nullverdien. Slukningsforløpet er fullført i løpet av $\frac{1}{2}$ eller i det lengste 1 periode.

Samtidig med at hovedventilen (2) ble åpnet strømmet også trykkluft inn i forsinkelsesventilen (5) og videre inn i driftsordningen for skillekniven (4). Denne bevegelsen blir også dempet av dempningsstempel (22). Parallelt til slukkekontaktene ligger en motstand (15) som skal begrense overspenninger ved utkopling.

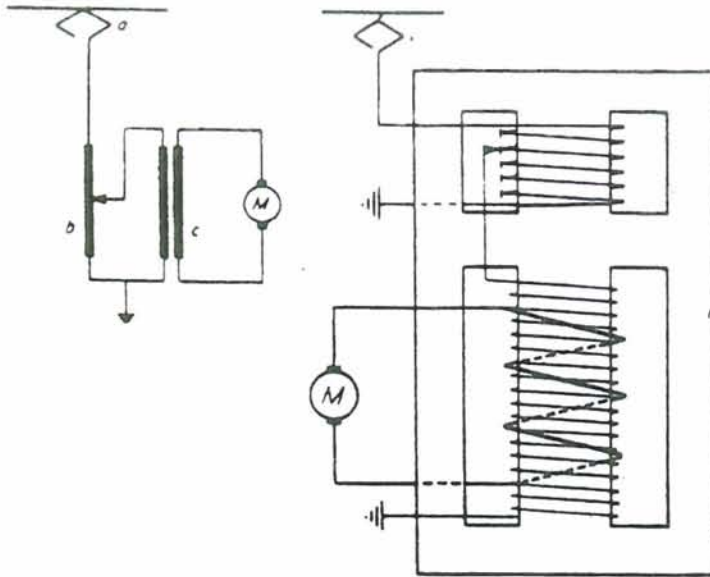
På eldre materiell er bryteren også utstyrt for å betjenes for hånd. Utkopling kan da bare skje etter at høyspentdelen er jordet.

Vacumbryter

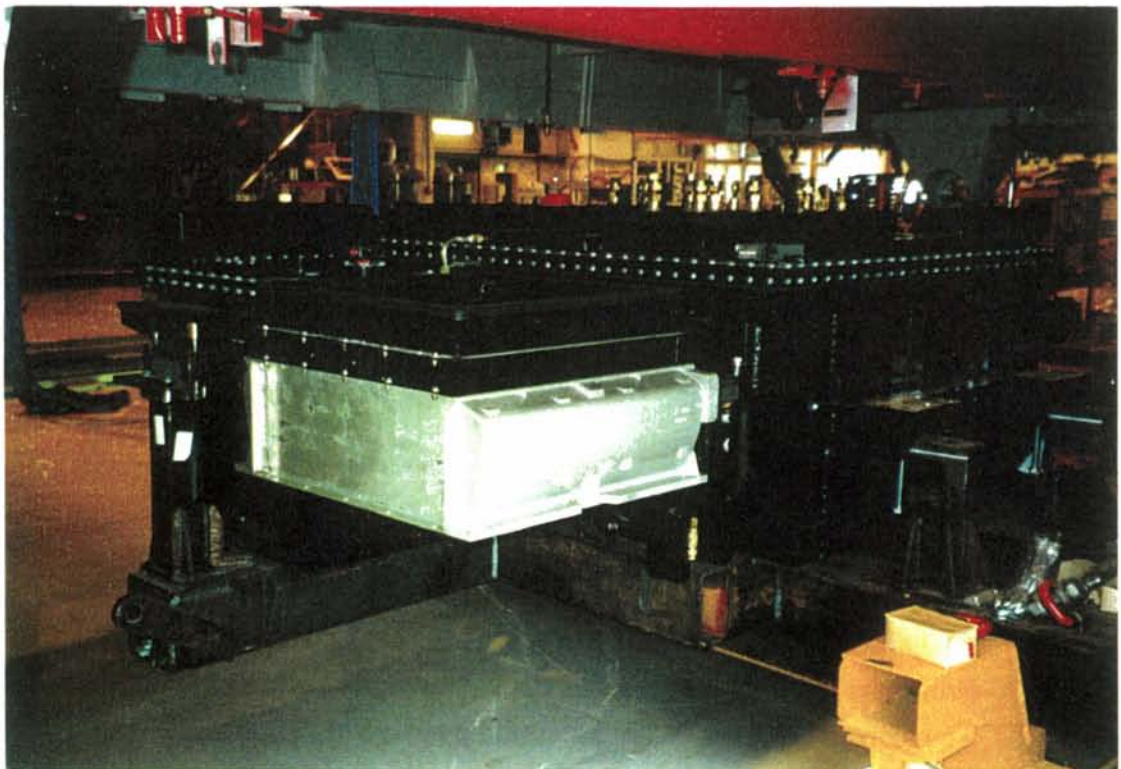
På EI 18 nyttes vacumbryter type Secheron BVAC. I denne bryteren skjer frakopling i vacuum, og det oppstår derfor ikke lysbue. Bryteren styres elektropneumatisk, slik at bryteren legges inn ved hjelp av trykkluft. Når bryteren er innkoplet holder holdestrømmen den i inne-stilling. Utkopling skjer uten trykkluft.

Transformatorer

Spenningen fra kontaktledningen må reduseres til passende verdier. Prinsippet for transformatorer er vist i «Lærebok i elektroteknikk». Transformatorene har en virkningsgrad på 97-98 %. Varmetapet må ledes bort, og kjøling foretas ved hjelp av olje som sirkulerer ved hjelp av en oljepumpe gjennom en oljekjøler. På nye lok er transformator, oljekjøler og oljepumpe plassert i en enhet, og plasseres så lavt som mulig for å oppnå et lavt tyngdepunkt.



Radialblikket transformator med høyspenningsregulering.

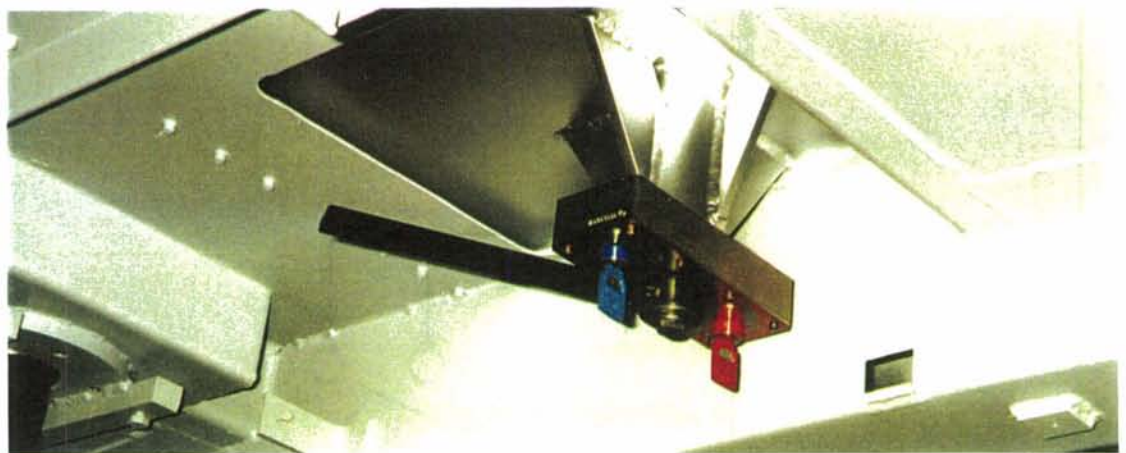
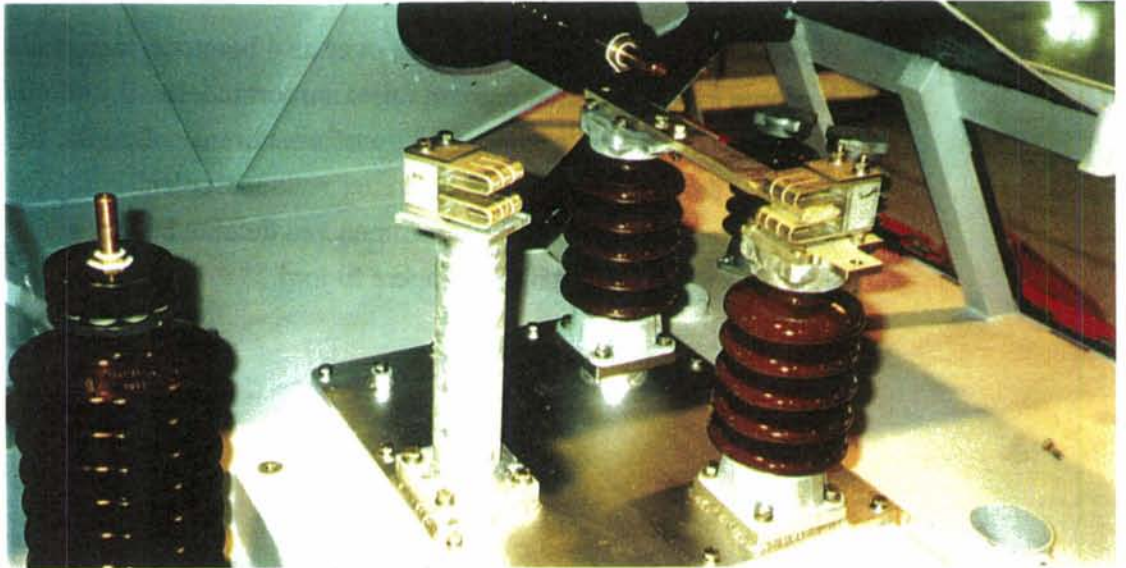


Transformator med oljekjøler, El 18.

Arbeid på høyspentdel

Hvis man skal betjene skillebrytere, eller komme til høyspentdeler, må utstyret jordes. Lokomotivene er derfor utstyrt med en jordingsbryter. Adgang til høyspentrom/skap, til å betjene skillebrytere, og på nyere lok også adgang til tak, krever nøkler som frigjøres ved riktig fremgangsmåte.

Skal man arbeide på takutstyret må kontaktledningen over lokomotivet være jordet på begge sider. På lokomotivet finnes to jordingsstenger. Se forøvrig trykk 411.1.



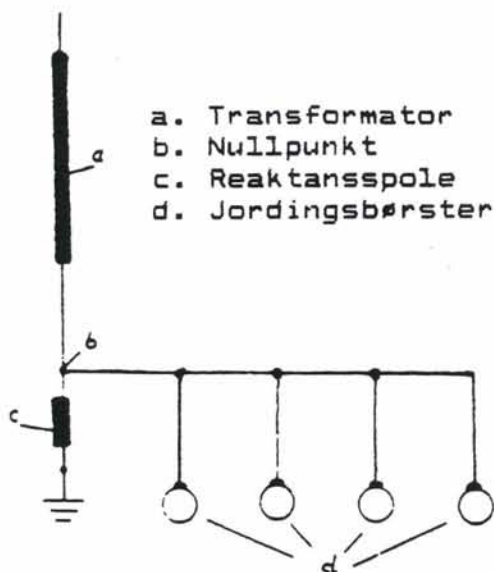
Skillebryter på tak, og betjeningshåndtak under taket.

Jordingsbørster

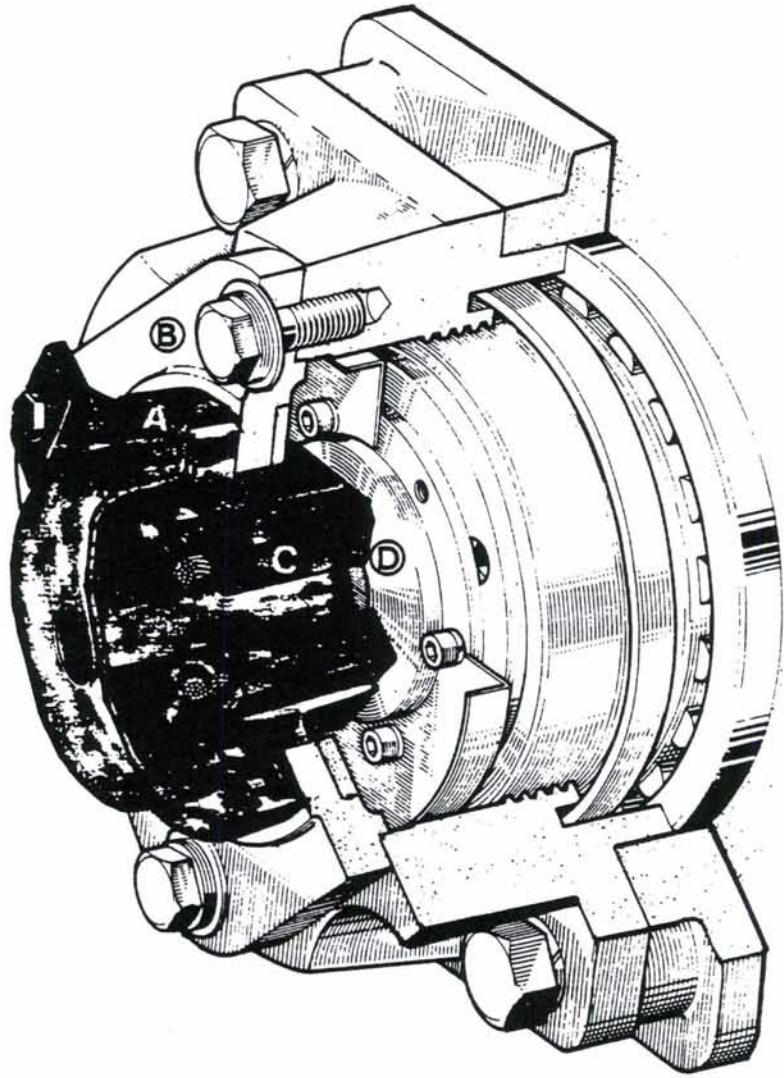
Etter at strømmen som tas ut fra kontaktledningen har passert primærsiden på hovedtransformatoren, skal den ledes til jord (skinne). For i størst mulig utstrekning å hindre at denne strøm går over rullelagene i hjulsatsene nyttes jordingsbørster.

Jordingsbørstene ligger an mot en skive påmontert enden av drivakselen. Figuren viser hvordan børstene kan være koplet. Fra nullpunktet på transformatoren er koplet 4 jordingsbørster i parallell over hver sin aksel. Den 5. strømveien er koplet over en drosselspole (induktiv motstand) og direkte til jord.

Normalt vil strømmen til skinne gå over de 4 børstene, men skulle børstene av en eller annen grunn miste sin forbindelse til jord vil det kunne oppstå farlige spenninger i transformatorens nullpunkt. Et punkt er derfor satt direkte til jord etter reaktansspolen. Reaktansspolen sørger for at strømmen ved defekte børster går gjennom understilling og rullelagere til jord.



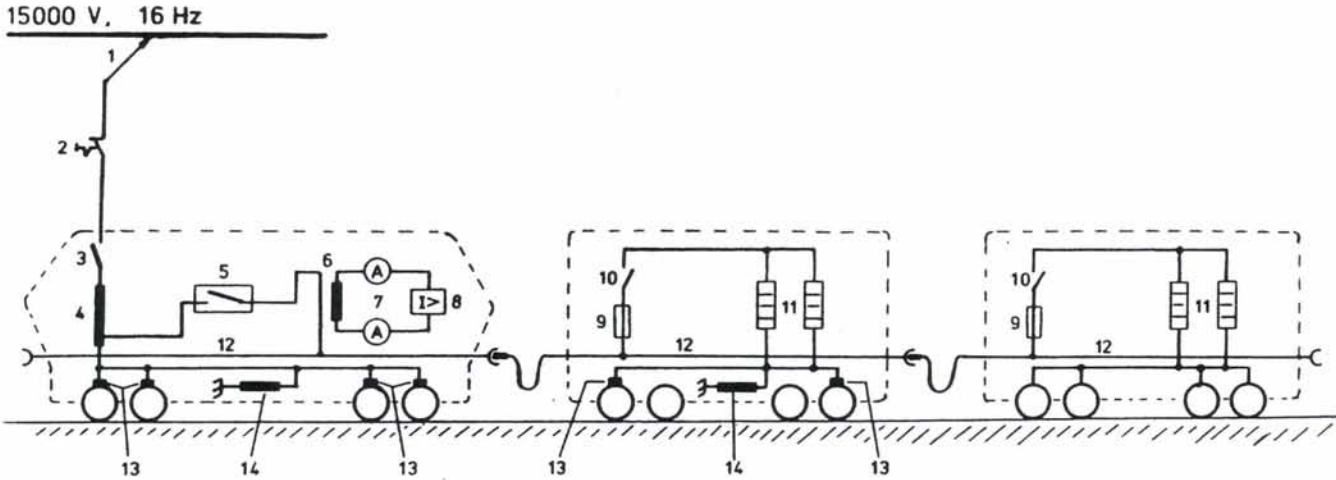
Kopling av jordingsbørster



Jordingsbörste på akselnde

- | | |
|----------------|-------------------|
| A. Hus | C. Börste |
| B. Isolerskive | D. Skive på aksel |

Togvarmeanlegg



- | | | |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 Strømvtager | 6 Strømtrafo | 11 Varmeovner |
| 2 Skillebryter | 7 Amperemeter (et i hvert rom) | 12 Gjennomgående togvarmeledning |
| 3 Høyspenningsbryter | 8 Overstrømsrelé for togoppvarming | 13 Jordingsbørster |
| 4 Transformator | 9 Varmesikring | 14 Reaktansspole |
| 5 Togoppvarmingskontaktor | 10 Varmekontaktor | |

Prinsipp for togvarmeanlegg

Prinsippet for togvarmeanlegg er vist i figuren over. Hovedtransformatoren kan ha uttak for 800 og 1000 Volt, 16 2/3 Hz. En venter kan i strømløs tilstand legges om til det uttak som ønskes. Spenningen kan også komme fra en vekselretter (dieselelektriske lok).

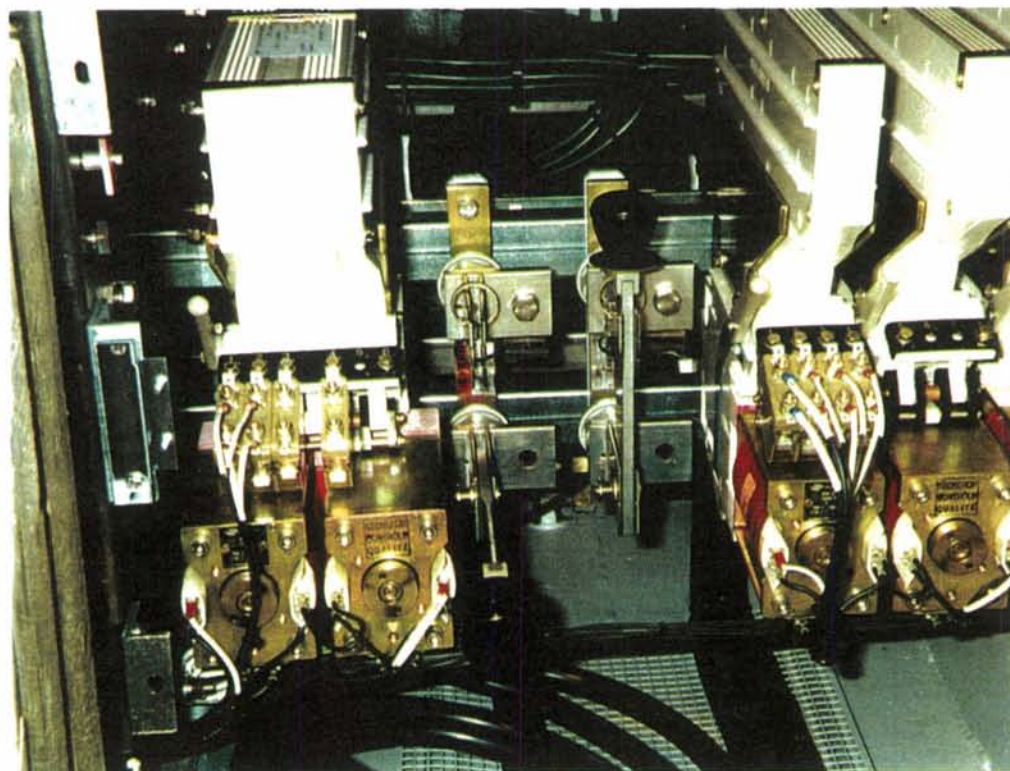
Togvarmekontaktoren (5) er magnettrykkluftstyrt og betjenes fra førerrom ved hjelp av en nøkkelbryter. Etter å ha passert strømtransformator for togvarme (6) går strømmen i en gjennomgående togvarmeledning gjennom understilling og skinne tilbake til transformatorens nullpunkt.

Togvarmeanlegget er forsynt med overstrømsvern på lokomotivet /motorvogna. Overstrøm fører til utkokpling av høyspentbryter. I vognene finnes stavsikringer som må byttes manuelt.

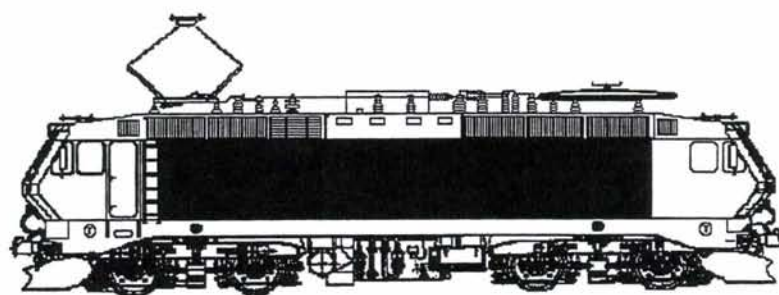
Mellom vognene koples togvarmekabel. Kopling og frakopling av disse må bare foregå når togvarmeanlegget er spenningsløst. Kopplingsdåser for 1000V vil etterhvert bli forsynt med lås, for å forhindre at uvedkommende kommer i kontakt med spenning.

Den gjennomgående «togvarme» - ledningen nyttes ikke bare til oppvarming, men også til batterilading, ventilasjonsanlegg, og kjøkkenutrustning i bistro og kafevogner. Den må derfor normalt være innkoplet ved kjøring av persontog.

Kjøres flere motorvognsett sammenkoplet forsynes togvarmeledningen fra hvert setts transformator. Togvarmekabel skal derfor ikke kobles mellom settene, annet enn ved tilkopling til stasjonær 1000 Volt- tilkopling («Varmepost»).



Togvarmekontaktor, og skillekniver for utkopling av togvarmekontakter på hver ende av lokomotivet (El 18).



El 17 var det første elektriske lokomotiv med asynkronmotorer ved NSB.

Traksjon

Innledning

Trekkaggregater som drives av elektriske motorer har alltid en eller annen form for spenningsregulering, dvs. at den spenningen som tilføres traksjonsmotorene er regulerbar. Vi vet at i det øyeblikk en spenning tilføres en motor som er i ro, er motorstrømmen begrenset av motorens motstand (impedans) alene. Etter hvert som motoren kommer i bevegelse og omdreiningstallet øker, vil det i motoren induseres en motspenning som blir større så lenge omdreiningstallet øker. Denne spenningen virker mot den tilførte spenning, hvilket fører til at motorstrømmen avtar.

Det er bare på mindre motorer at vi kan tilkople full driftsspenning ved start. Anderledes er det med store motorer, og særlig når de har stor belastning ved start.

De første sporveier og baner med elektrisk traksjon var likestrømsbaner. Oppregulering av motoren skjedde ved å kople inn startmotstander med avtagende resistans opp til kjøretrinn (full spenning). Startmotstandene kunne bare være innkoplet i kort tid. Videre oppkobling skjedde ved hjelp av feltsvekking, og ved omkopling fra serie til parallellkopling av motorene. Dette prinsipp nyttes fortsatt på eldre materiell på forstadsbaner og sporveier, som f.eks. T-banen i Oslo. Det bygges ikke lenger vogner med slikt utstyr til norske baner.

På vekselstrømsbaner var det mulig med en enklere og bedre løsning. På transformatoren lagde man flere spenningsuttak, og dermed mulig ved hjelp av kjørekontroller å starte motorene med lav spenning og

regulere opp til høyere spenning. Derved fikk man også mulighet for å ha mange flere kjøretrinn. Dette prinsipp var i mange år enerådende på NSBs trekkraftmateriell.

De første lokomotivene var utstyrt med såkalt lavspenningregulering. Spenningsreguleringen skjer på sekundærsiden av transformatoren. Fordelen var lave spenninger, men ulempen var at strømmene som skulle brytes var store fordi reguleringen da skjer i motorstrømkretsen. Eksempel på materiell med lavspenningregulering er El 10 («Sesam»-lokomotivet) og BM 68.

En milepæl var innføringen av høyspenningregulering. Lokomotiv type El 8 var det første med denne formen for spenningsregulering. Reguleringen skjer på høyspentsiden, med trafo-uttak opp til 15 kV. Fordelen er lave strømmer å bryte, samt mulighet for langt flere kjøretrinn.

Vi skal her se på de prinsipper som brukes ved NSB i dag.



El 10

Motorer

Vekselstrøm seriekommutatormotor

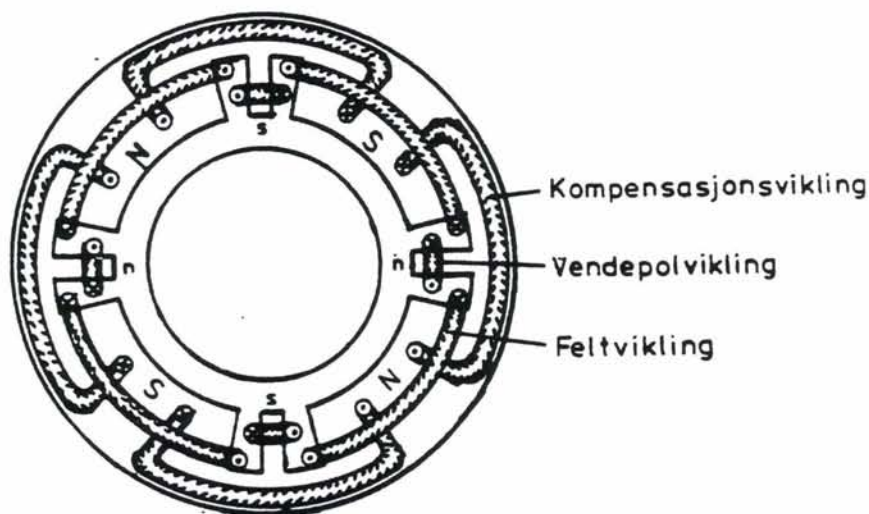
Frem til og med lokomotiv type El 14 var enfase vekselstrøm seriekommutatormotoren enerådende. Denne motoren var gunstig som traksjonsmotor fordi den har stort moment ved start. Momentet avtar ved økende turtall på grunn av motindusert spenning (E).

Ankerstrømmen er $I = (U-E)/R$. Virkningsgraden i et lokomotiv med slike motorer stiger ved økende hastighet, og er ca. 80 % i normalt hastighetsområde.

Motoren består av motorhus, stator med børstebro og rotor med kommutator. Som lagre brukes i dag rullelagre. Et lager er ofte sfærisk for å hindre at rotoren beveger seg aksielt.

Tetninger hindrer olje eller fett i å lekke ut og å trenge inn i motoren og ødelegge isolasjonen. Motorhuset har åpninger for tilførsel og avløp av kjøleluft. Gjennom avtagbare deksler kan kommutatoren ettersees og kullbørster skiftes. En blikkpakke bestående av 0,5mm tykke blikk som er isolert fra hverandre med lakk er presset sammen inne i motorhuset og sikret og låst mot rotasjon. Viklingene ligger i spor og er omviklet med isolasjonsmaterialer. I brede spor ligger felt og vendepolviklingene, mens kompensasjonsviklingene ligger i smale spor. Hver enkelt stav er isolert med glimmer, glasstoffer eller syntetiske stoffer. Feltkompensasjon- og vendepolviklingene koples sammen på litt ulike måter.

Rotorens blikkpakke er oppbygd på en aksel eller på en motorkropp. Denne er lagret i motorhuset. Rotorblikket presses sammen på et nav. Ankerviklingen består oftest bare av en vinding pr. spor.



Viklingene i en traksjonsmotor

Viklingene på hele rotoren og kommutator er bandasjert av hensyn til sentrifugalkraften som oppstår ved rotasjon.

For å utjevne spenningsforskjeller som oppstår pga. ulike store feltstyrker i enkelte spoler, blir punkter på viklingen med lik

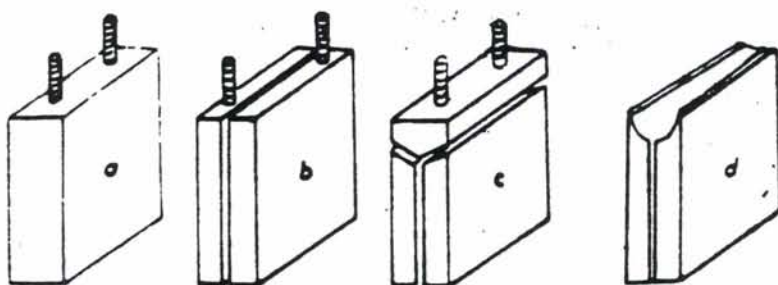
spenning koplet sammen med utjevningsforbindelser for å hindre utvevningsstrømmer å passere over kommutatorlammeler og børster. Utjevningsstrømmene over børstene vil gjøre kommuteringen vanskeligere.

Støv, olje og fuktighet bør i størst mulig utstrekning holdes borte fra spenningsførende deler. Rotor er utbalansert for å hindre skader på kommutatorer og lager.

På enden av akselen er det et drev, som er i inngrep i tannhjulet på drivanordningen.

Kommutator

Kommutatoren (strømvender) presses på et nav. Kommutatoren består av en sylindrisk støpejernholder og mange kopperlameller, opptil 500 stk. Lamellene er isolert fra hverandre og fra navet ved glimmermellomlag. Lamellene er ellers dreiet til en svalehalefasong som pressringene passer mot. Ved hjelp av pressringene vil lamellene kunne presses både i radial og aksiell retning. Dette er viktig for senere i størst mulig utstrekning å hindre glidning mellom lamellene. Lamellene forbindes på endene med rotorstavene. Isolasjonsbelegget må ligge et stykke under børstenes glideflate.



Kullbørster

Strømmen blir tilført rotor gjennom børstene som er plassert i børsteholderne. Børstene består av en eller flere «kullstykker» som ligger ved siden av hverandre og er plassert i børsteholderen. Elektrografittkull nyttes ofte som børstemateriale. Dette skyldes gode elektriske og mekaniske egenskaper samtidig som kullet ikke

skader lamellene, men gir et «smøringsskikt». Kullene dekker over 2-3 lameller og er ca 10 - 16 mm brede. I lengderetning er det plassert flere kullstykker for å kunne få en tilstrekkelig kontaktflate for strømmen. Over kullene blir noen lameller kortsluttet og gir vanskeligere forhold ved strømvendingen. For å kunne gi utjevningsstrømmene fra en lamell til en annen stor motstand blir kullene ofte delt. En oppnår da en bedre strømvending, en glatt kommutatoroverflate og en mindre slitasje av kullene.

På kommutatorer som arbeider godt dannes det på lamellene etter kort tid en «politur» av kopperoksyd. Denne øker overgangsmotstanden, men nedsetter friksjonen. Også kullen får på kontaktflaten en polert overflate. De enkelte børster blir satt i børsteholderne. Antallet er avhengig av poltallet. I holderne blir kullene plassert nøyaktig radially og parallelt med akselen. En trykkfjær med tilhørende finger gir kullene et passende anleggstrykk. Trykkfingerne kan bevegges tilbake og kullene trekkes ut.

Børsteholdere

Børsteholderne er oftest festet på en børstebro. Denne er lagret i motorhuset og omgir kommutatoren. På broen er festet isolerte kopplingsringer for strømtilførsel. Ved å løse en forbindelse kan børstebroen med påbygde børsteholdere dreies 360° , slik at en kan kontrollere og eventuelt bytte børster.

I driftstilstand er hver enkelt børste innstilt slik at den står nøyaktig midt under en pol (nøytral sone). En feil innstilling forårsaker lett sterk gnistring og lysbuer på kommutatoren. Denne gnistring er uheldig og opptrer også lett ved tunge starter, dvs. spesielt før ankerrotasjonen kommer i gang. Dette skyldes spesielle forhold i maskinen og omtales ikke nærmere her. Fordi dreiemomentet svinger i takt med vekselfeltet kan det ved tunge igangsettinger også oppstå sterke motorvibrasjoner, som kan forplante seg til aggregatet.

Også på grunn av slike vibrasjoner kan det oppstå mer eller mindre sterk gnistring. Temperaturen i lysbuen er omtrent 3000°C , og kan nedsette fastheten av lamellkopperet om gnistringen blir stående en tid på samme sted. Ved videre drift blir lamellene bløte og porøse og det kan dannes såkalte startsår. Dette gir ved store hastigheter en støtaktig bevegelse av kullene i radial retning og mer gnistring. På

grunn av dette forsterkes den ovennevnte skade og gjør overflaten av lamellene og kullene ru. Dette fører til et sterkere kullforbruk og eventuelt knusing av kull.

Begrensning av ytelse

Traskjonsmotorenes ytelse begrenses av kommuteringsforhold, omfangshastigheten av ankeret og særlig oppvarmingen. Oppvarmingen skyldes ohmske tap i viklingene, overgangsmotstander og friksjonen mellom børstene og kommutatoren, og hvirvelstrømmen ($P = R \cdot I^2$), og med omdreiningstallet. Tillatte temperaturer i en motor er bestemt av isolasjonstoffenes godhet.

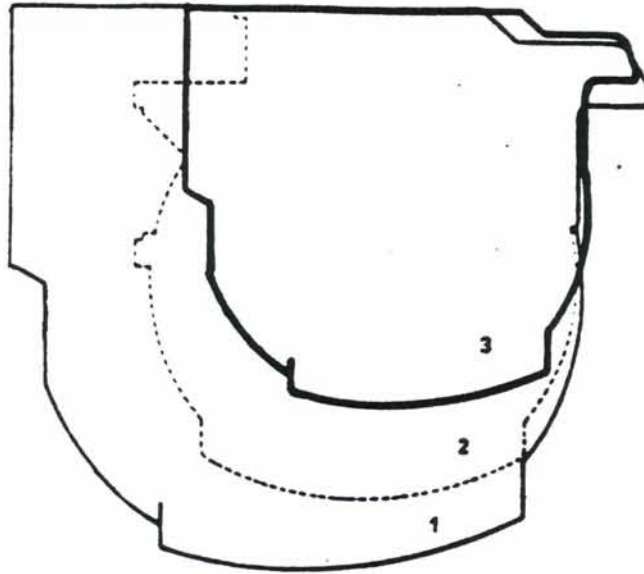
Motorene kjøles ved hjelp av motordrevne ventilatorer. Luften filtreres og blåses inn i motoren. Kjøleluften er også med på å holde motoren fri for støv mv., og må derfor alltid være igang når lokomotivet er i bevegelse (med eller uten trekkraft).

Bølgestrømmotor

På El 15 og 16, samt BM 69 nyttes bølgestrømmotorer. Disse er i prinsippet like en-fase vekselstrøm seriekommutatormotoren. Bølgestrømmotoren har færre magnetpoler for samme ytelse og er derfor lettere i vekt enn en tilsvarende en-fase vekselstrømmotor, og er gunstigere å anvende.

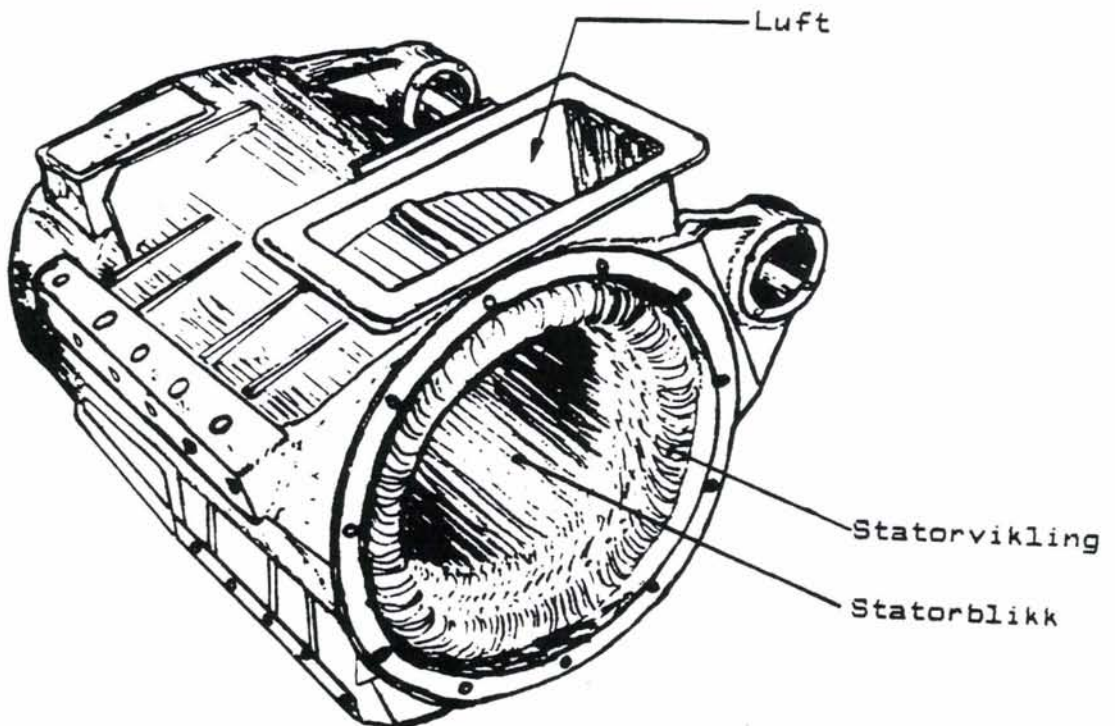
El 15s motorer er egenmagnetisert (seriemotor). På bølgestrømmotorene som vi har på BM 69 er det også ekstra feltviklinger som kan separatmagnetiseres. Dette nyttes til å oppnå feltsvekking.

El 16s motorer er fremmedmagnetisert.

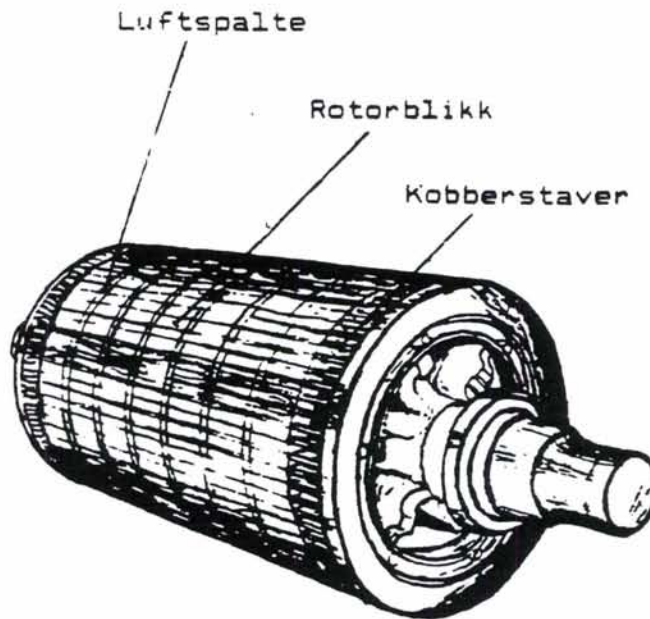


- 1 Enfase vekselströmsmotor
- 2 Bølgeströmsmotor
- 3 Trefase vekselströmsmotor

Sammenligning av størrelse for vekselström motor, bølgeströmmotor og trefase vekselströmmotor med samme ytelse.



Trefase asynkronmotor - stator



Trefase asynkronmotor - rotor

Trefase asynkronmotorer

På nyere materiell nyttes trefase asynkronmotorer («kortslutningsmotor»). Statoren har 3 adskilte isolerte faseviklinger.

En rotor er plassert i statoren. Rotoren er som stator bygd opp av isolerte jernblikk og har spor for elektriske viklinger.

Viklingene i rotor består av uisolerte kopperstaver som ligger i sporene. Kopperstavene er kortslettet i endene. Motoren kalles derfor også kortslutningsmotor. Motoren har ikke kommutator, børsteholdere og kullbørster. Denne motortype er derfor enda lettere enn bølgestrømsmotorer med tilsvarende ytelse.

Stator tilføres 3 fase vekselspanning. Derved oppstår et roterende felt som vil være avhengig av frekvensen på tilført spenning.

Feltets hastighet i omdreininger pr. min. (synkront turtall):

$$n = f \cdot 60 / p$$

(f= frekvens i Hz, p = antall polpar)

Dette roterende feltet vil indusere strøm i rotor. Rotor blir derfor hengende noe etter i rotasjonen, og sakingen vil avhenge av belastningen. Ved fullast går den ca. 3 - 5 % saktere enn det synkrone turtall.

På grunn av asynkronmotorens momentkarakteristikk er det nødvendig å kunne regulere tilført frekvens for at den kan være brukbar som traksjonsmotor. Motoren er nærmest vedlikeholdsfri og er i dag enerådende på nytt jernbanemateriell.

Driftsforhold

Det er oftest traksjonsmotorens oppvarming som begrenser dens ytelse. Motoren kan imidlertid belastes sterkere i kortere tidsrom.

Vi skiller ofte mellom varig strøm, timestrøm, startstrøm og for enkelte aggregater også 20 minutters strøm. Den største strøm som en motor kan belastes med varig eller kontinuerlig ved et bestemt turtall uten at grensetemperaturen overskrides kalles varig strøm eller kontinuerlig strøm.

Ved overbelastning, dvs. for varm motor, vil isolasjonen eldes (svekkes) mye raskere enn normalt. Følgende av overbelastning vil ofte ikke kunne påvises umiddelbart, men først konstateres i verksted en tid senere. Ved gjentatte overbelastninger vil viklingens levetid kunne reduseres meget vesentlig.

Adhesjonsforholdet begrenser trekkraft

Ved start er begrensningene på motorkraft gitt av adhesjonsforholdet mellom hjul og skinne. Først ved større hastighet kan motorens ytelse tas fullt ut. Lokomotivføreren må regulere opp slik at sliring ikke oppstår. Sliring gir store påkjenninger på en kommutatormotor, og kan forværre adhesjonsforholdet.

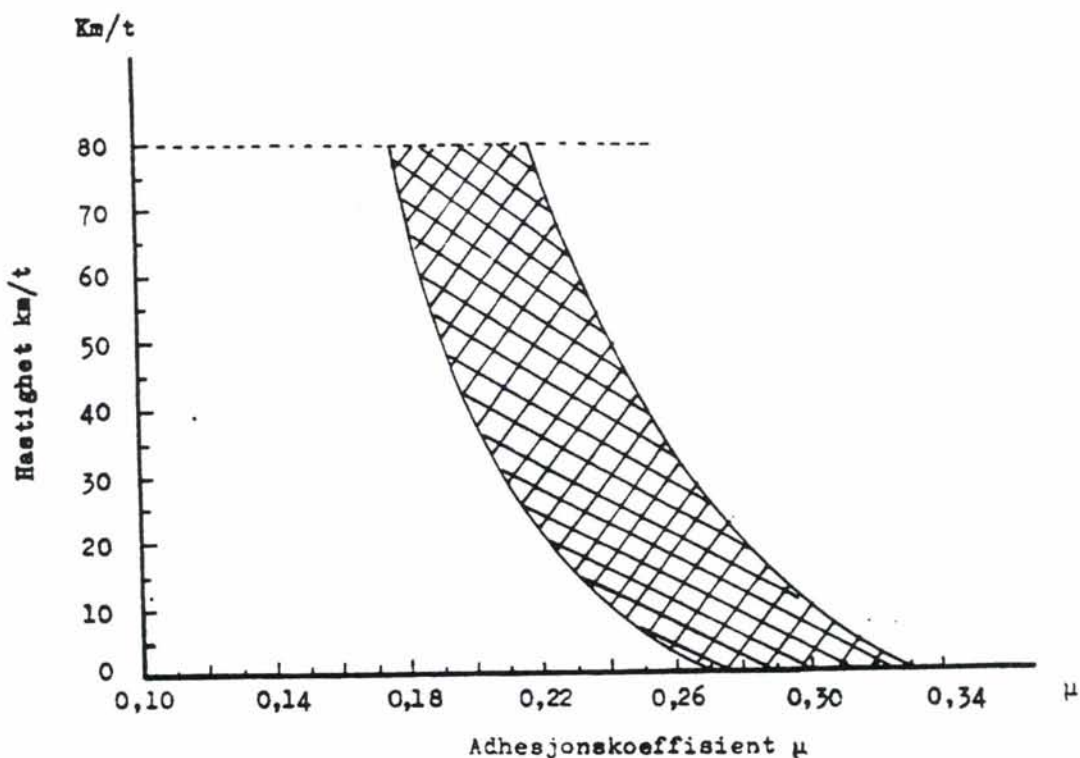
Ved oppregulering bør man ligge så nær adhesjonskurven som mulig, eventuelt med samtidig bruk av slirebrems hvis toget er tungt. Slirebremsen forbedrer også adhesjonskoeffisienten. På El 18 nyttes

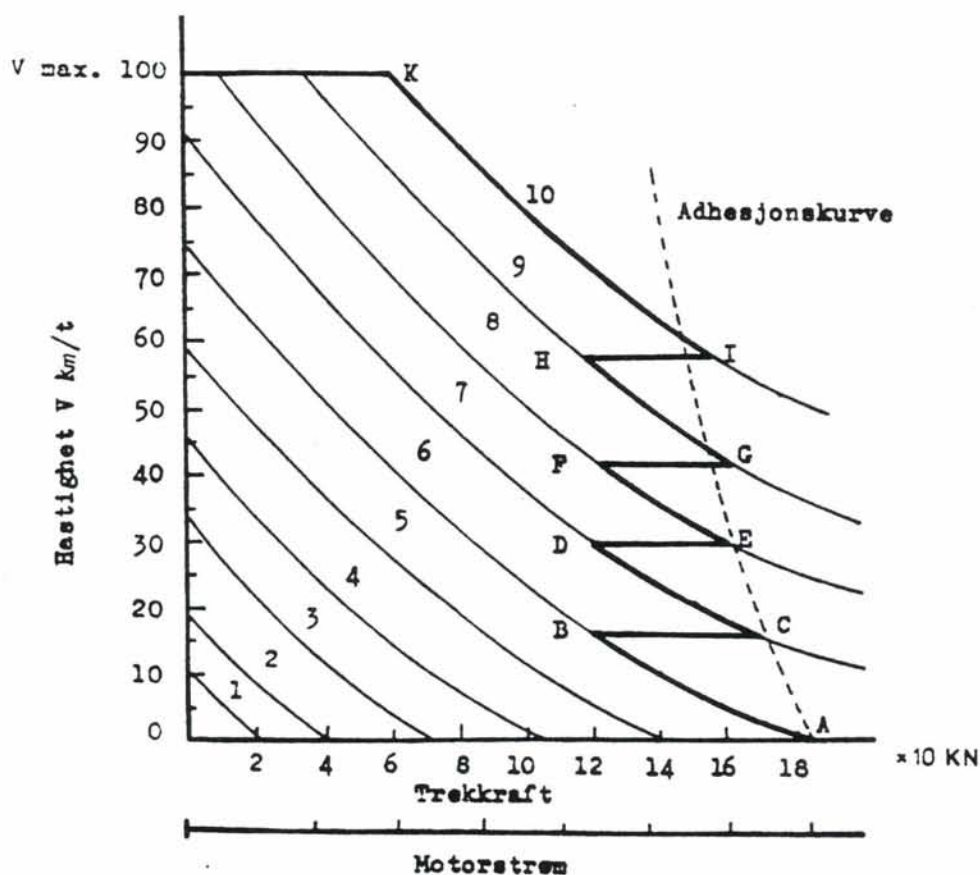
sinterstål i klossene, og her oppnås derfor ikke en «rubbing» av hjulene ved bruk av slirebrems. Kjører man El 18 er det nødvendig å bruke noe sand for å motvirke at hjulbanene blir for glatte.

På nyere materiell kan oppreguleringen skje trinnløst, slirevern og asynkronmotorens motorkarakteristikk gjør at man lett kan følge adhesjonskurven maksimalt.

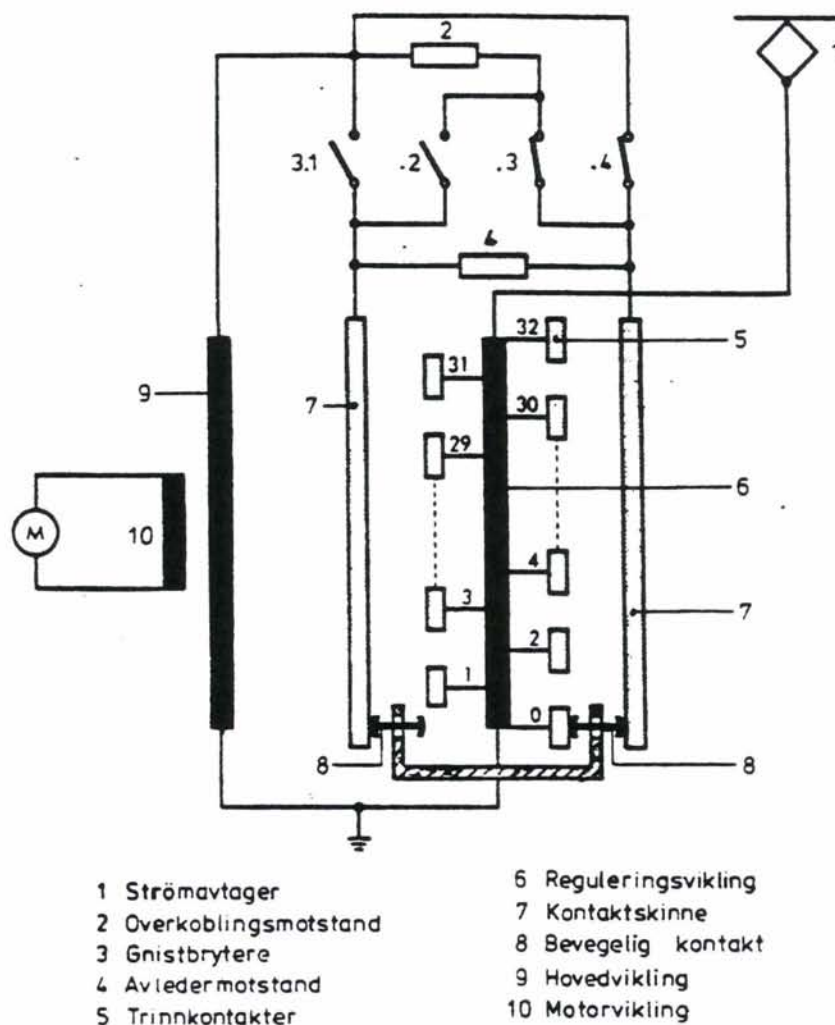
På spenningsregulerte lok foregår oppregulering i trinn, og det blir sprang i trekraft. Så stor spenning som mulig legges over motorene slik at adhesjonstrekkraften oppstår. Når loket akselerer synker strømmen i motoren, dvs. trekraften, og et nytt trinn kan legges inn såfremt trekraften ikke overstiger adhesjonstrekkraften.

Lokføreren på et spenningsregulert lokomotiv nytter derfor motoramperemeterne som viktige instrumenter. Der kan også en begynnene sliring registreres.





Trekraftkurve, lokomotiv med spenningsregulering i trinn.



Spenningsregulering El 14

Høyspentregulering: El 14

Lokomotiv type El 14 er utstyrt med enfase seriekommutatormotorer.

Som nevnt over må motoren tilføres en lav spenning ved start, for deretter å kunne tilføres høyere og høyere spenning etterhvert som motindusert spenning øker.

Figuren viser hvordan spenningsreguleringen foregår på El 14. Denne regulator har 32 trinn (5). Den ene bevegelige kontakten regulerer på trinn med ulike tall, og den andre på trinn med like tall. Regulatoren er utstyrt med 4 stk. gnistbrytere (3).

På trinn 0 er gnistbryter 3.3 og 3.4 lukket. Ved oppregulering til trinn 1 åpner først gnistbryter 3.3 og gnistbryter 3.2 lukker. Strømmen går nå gjennom overkopplingsmotstanden (2) (dempingsmotstand). Deretter åpner gnistbryter 3.4 og overkopplingsmotstanden kortsluttes deretter av gnistbryter 3.1 som lukker.

Betjeningsmotoren er på denne regulator en trykkluftmotor. Den rykkevise gange av de bevegelige kontaktene foregår over spesielle tannhjul og drev. Overkopplingsmotstanden kan bare være innkoplet en kort tid, og er beskyttet slik at høyspentbryter kopler ut hvis tiden blir for lang.

Spenningsregulatoren kan håndbetjenes med sveiv fra førerrommet.

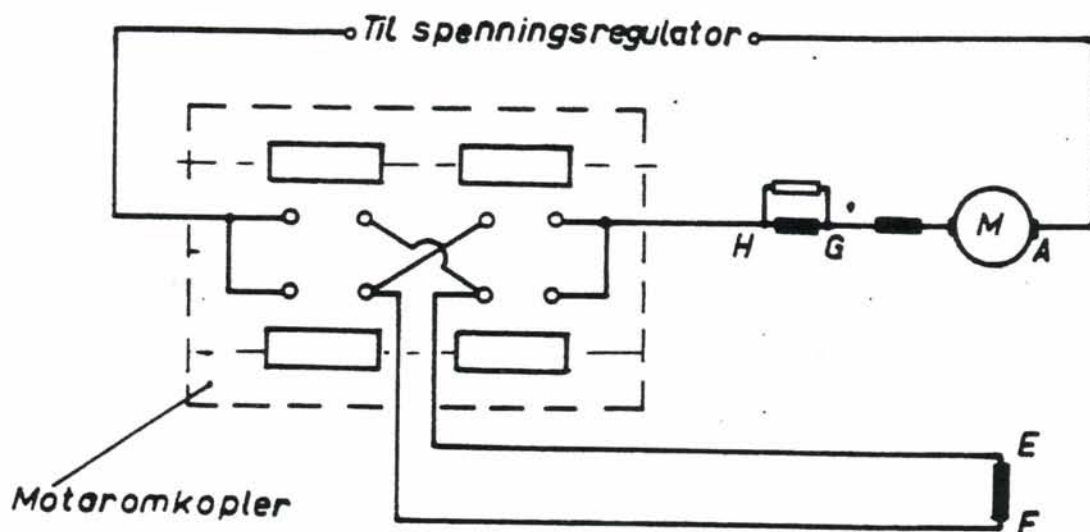
Motoromkopler

For å vende kjøreretning har man en motoromkopler som kan snu retningen på strømmen i feltet i forhold til ankeret.

Motoromkopleren styres elektropneumatisk. Den kan også, ved feil, håndbetjenes.

Motorbryter

Da spenningsregulatoren ikke bryter motorstrømkretsen før i nullstilling, trenger man en motorbryter mellom



Prinsipp for motoromkopler

spenningsregulatoren og motorene som kan foreta en rask utkopling, om nødvendig med full motorstrøm. Hver motor har sin motorbryter.

Bryteren betjenes elektropneumatisk, ved at den tilføres spenning og åpner for trykkluft. For å få motorbryteren inn må spenningsregulatoren være i 0-stilling.

Ved feil på motor må motoren skilles fra. Til dette er det montert skillekniver i maskinrommet.

Kjørekontroller

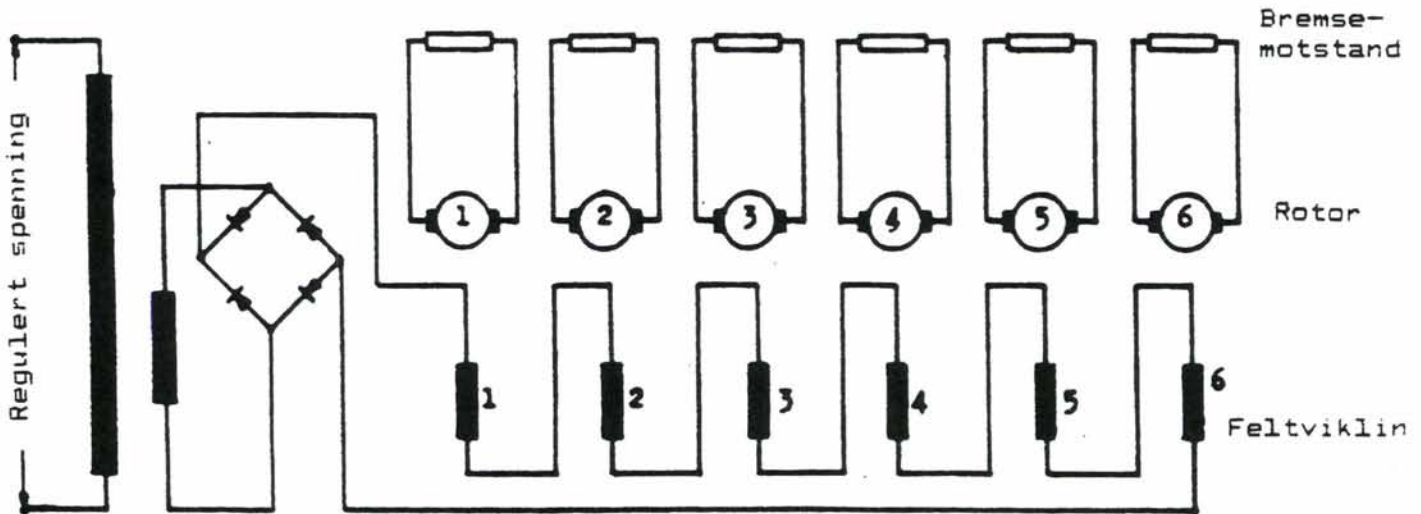
Lokomotivføreren betjener spenningsregulator og motorbrytere ved hjelp av en kjørekontroller med ratt. Rattet nyttes også til betjening av motstandsbremse.

Kontrolleren har følgende stillinger når rattet beveges fra 0 mot høyre:

- «klar»: Motorbrytere legges inn, ventilasjon starter.
- «ned»: Nedregulering
- « * » : Nøytralstilling på spenningsregulator
- «opp»: Oppregulering

Motstandsbremse

Motorene kan kjøres som generatorer med separatmagnetisert feltvikling (likestrøm). Magnetiseringsstrømmen styres ved transformatorens regulervikling over trinnkoplere og hovedtransformatoren på samme måte som motorstrømmen. Feltviklingene på motorene koples i serie, og koples til en egen bremsemagnetiseringslikeretter.



Kopling ved elektrisk bremse El 14

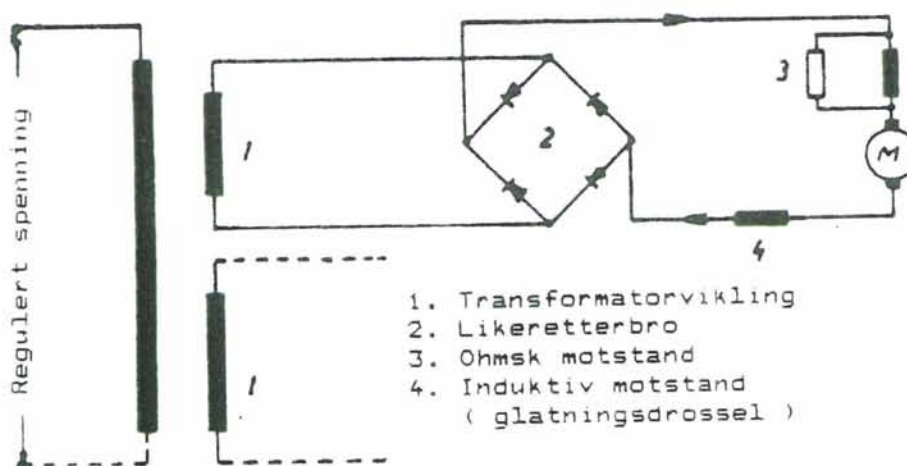


Diodelokomotiv, El 15, med høyspentregulering

Koplingen av motorkretsen er vist i figuren. Hver motor er tilkopleet en egen vikling på transformatoren. Spenningen ut fra denne reguleres ved en høyspenningsregulator. Strømmen likerettes i en likeretterblokk og flyter derfra til motoren.

Strømmen ut fra likeretterblokken er pulserende likestrøm. Den induktive motstand eller glatningsdrosselspolen vil virke slik at strømmen glattes. Dette må gjøres for å bedre motorens kommutering.

Lokomotivet har elektrisk motstandsbrems.



Utdrag av motorstrømskjema El 15

Tyristorregulering med bølgestrømsmotorer, EI 16, BM 69

Som traksjonsmotor benyttes her bølgestrømsmotorer. Lokomotivføreren, eller styringsutstyrets hastighetsautomatikk, velger ikke spenning over motoren, men strømstyrken i motoren (dvs. trekkraft).

Motorvognsett type 69 A - C

Figuren viser utdrag av høyspennings- og motorstrømsskjema. Motorvognen har fire traksjonsmotorer mens det bare er vist 2 motorer på figuren.

En likeretterblokk (201) er bygget opp av dioder og tyristorer. I denne blokken finnes ingen bevegelige deler. Den består av 2 like broer som er koplet i serie. Broene, som mates med vekselspenning fra hver sin vikling i hovedtransformator, er usymmetriske, dvs. at hver bro består av 2 grener med dioder og 2 grener med tyristorer.

Spenningen og derved strømmen til traksjonsmotorene kan ved denne kopling økes kontinuerlig, dvs. uten sprang i trekkraften.

Reguleringen av spenningen foregår ved at en bro ved hjelp av tyristorer først styres ut. Diodene i bro nr. 2 vil under dette forløpet bare lede strømmen fra bro nr. 1 til motorene, mens tyristorer i denne bro (2) sperrer. Når bro 1 er fullt utstyrt, vil tyristorer praktisk talt virke som dioder og motorene vil tilføres en pulserende likerettet strøm med spenning U som er bestemt av uttaket på transformatoren. Ønskes større spenning enn bro 1 kan gi, må bro 2 tas i bruk og utstyres på samme måte.

Spenning og strøm fra de to broer summeres og spenningen som tilføres motorene blir $U + U = 2 U$ når begge broene er helt utstyrt.

Pos. 204 er utstyr for å glatte strømmen.

Feltsvekking

I den foranstående omtale av reguleringsforløpet har vi sett bort fra følgende:

Motoren er utrustet med 2 feltviklinger. Den ene er som normalt koplet i serie med ankerviklingen, mens den andre er en fremmedfeltvikling.

Fremmedfeltviklingene til alle fire motorer er koplet i serie og mates fra egen strømretter, pos 206.

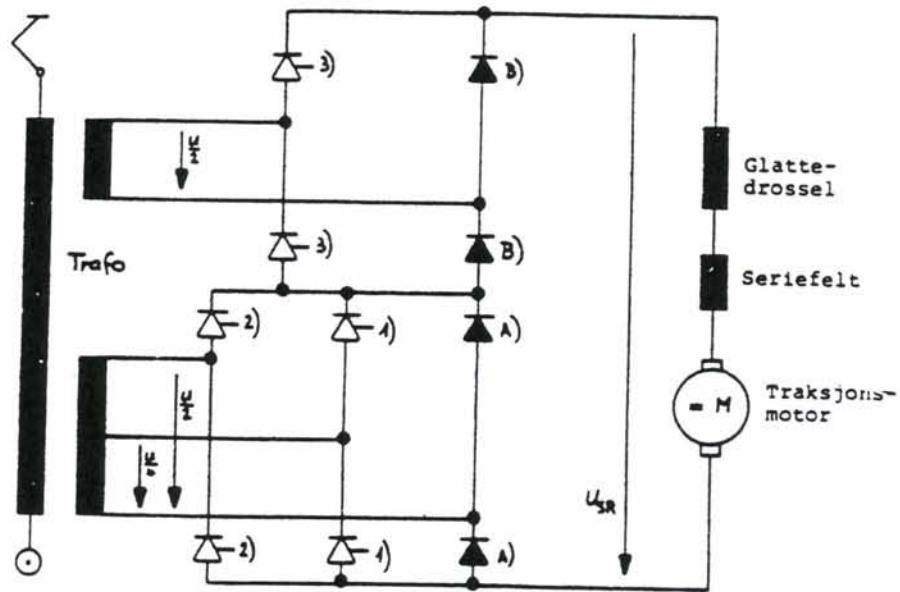
Dermed kan motorene feltsvekkes. I starten opp til en bestemt hastighet fører fremmedfeltet sin maksimale strøm. Ved økende hastighet øker motorens motspenning, og fremmedfeltstrømmen vil fra en bestemt hastighet svekkes gradvis. Ved at strømmen i fremmedfeltviklingen avtar, avtar også feltet i motoren. Derved vil motspenningen i motoren avta, dvs. at motorens strøm og derved trekkraft øker.

Ved ytterligere økning av hastigheten, er strømmen i fremmedfeltviklingen null. Inn- og utkopling av fremmedfeltstrømmen foregår automatisk avhengig av hastighet.

Motorens omdreiningstall, trekkraft reguleres således ved hjelp av en kombinert anker og feltstrømsregulering. Hastighetsautomatikken pos. 509 styrer reguleringen.

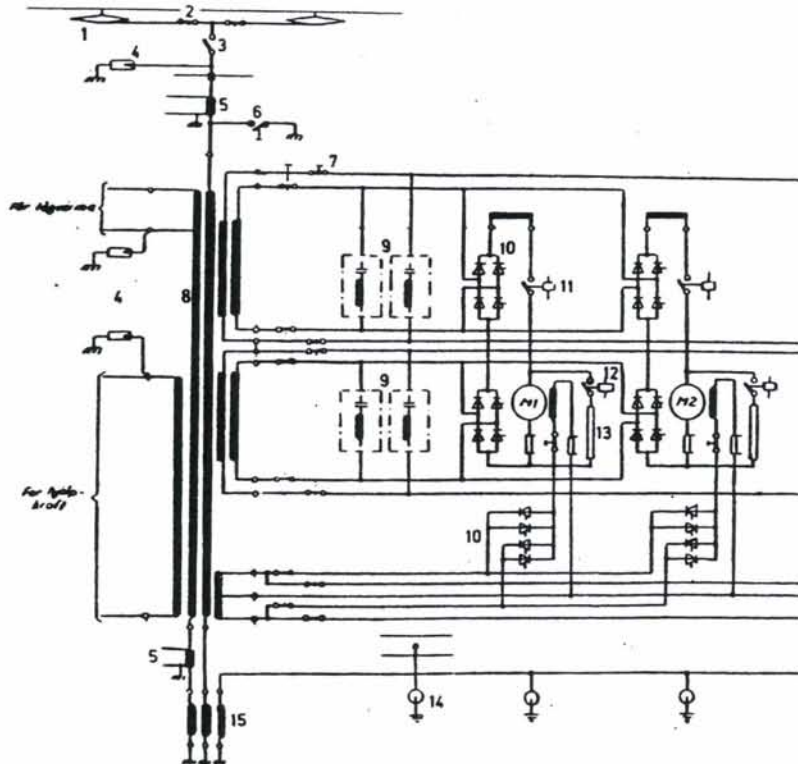
Motorvognsett type 69 D-E

Utstyringen skjer i 4 trinn ved at den ene transformatorviklingen også har et midtuttak. Først utstyres en spenning $u/4$, deretter enda $u/4$ - så foretas en kopling hvor den utstyrte spenning $u/2$ legges over den andre transformatorviklingen. Deretter foretas en ny utstyring av $2x u/4$ over den delte transformatorvikling. Summen av spenningene er nå u som ligger over 4 stk. motorer i parallell, og utstyringen foregår over 3 stk. strømrettere.



- . Bru 1/4 styrbar: thyristorene 1), diode A)
- . Bru 1/2 styrbar: thyristorene 2), diode A)
- . Bru 3/4 koplet : thyristorene 3), diode B)

69D-E, motorkrets



Pos	Betegnelse
1	Strømvaktaker
2	Skillebryter
3	Høyspenningsbryter
4	Ventilavleder
5	Strømtransformator
6	Jordingsbryter
7	Modulskillebryter
8	Hovedtransformator
9	Telefilter
10	Strømretter
11	Motorkontaktor
12	Bremsekontaktor
13	Bremsemotstand
14	Jordingsbørster
15	Tilbakeledningstransformator

Utdrag av høyspennings- og motorstrømskjema El 16

Motorvogntype 69 A - E har elektrisk motstandsbrems som er virksom ved kjøring i hastighetsautomatikk, med utstyring av trykkluftbrems (ep-brems) i hastighet under 40 km/h.

Lokomotiv type El 16

Figuren viser utdrag av høyspennings- og motorstrømkretsen. Loket har 4 motorer som er fremmedmagnetisert. Rotor- og feltviklingene mates fra forskjellige strømrettere. Strømmen til motorene er bølgestrøm. Hver av lokomotivets 4 motorer er tilkopleet hver sin transformatorvikling inntil 40 km/h. Deretter koples 2 transformatorviklinger i serie og til disse koples 2 motorer i parallell. Dette kalles en motormodul.

Ved hastigheter over 40 km/h er 2 og 2 motorer koplet i parallell og tilsvarende transformatorviklinger er koplet i serie. De 2 motormodulene er elektrisk adskilt i hovedkretsen og har hver sitt styrings- og reguleringssystem, bortsett fra visse deler i hastighetsreguleringen som er felles.

Lokomotivet har elektrisk motstandsbrems.





«Lok 2000», Sveitsiske forbundsbaners lokomotiv type Re 460.

Lokomotiver og motorvogner med trefase asynkronmotorer

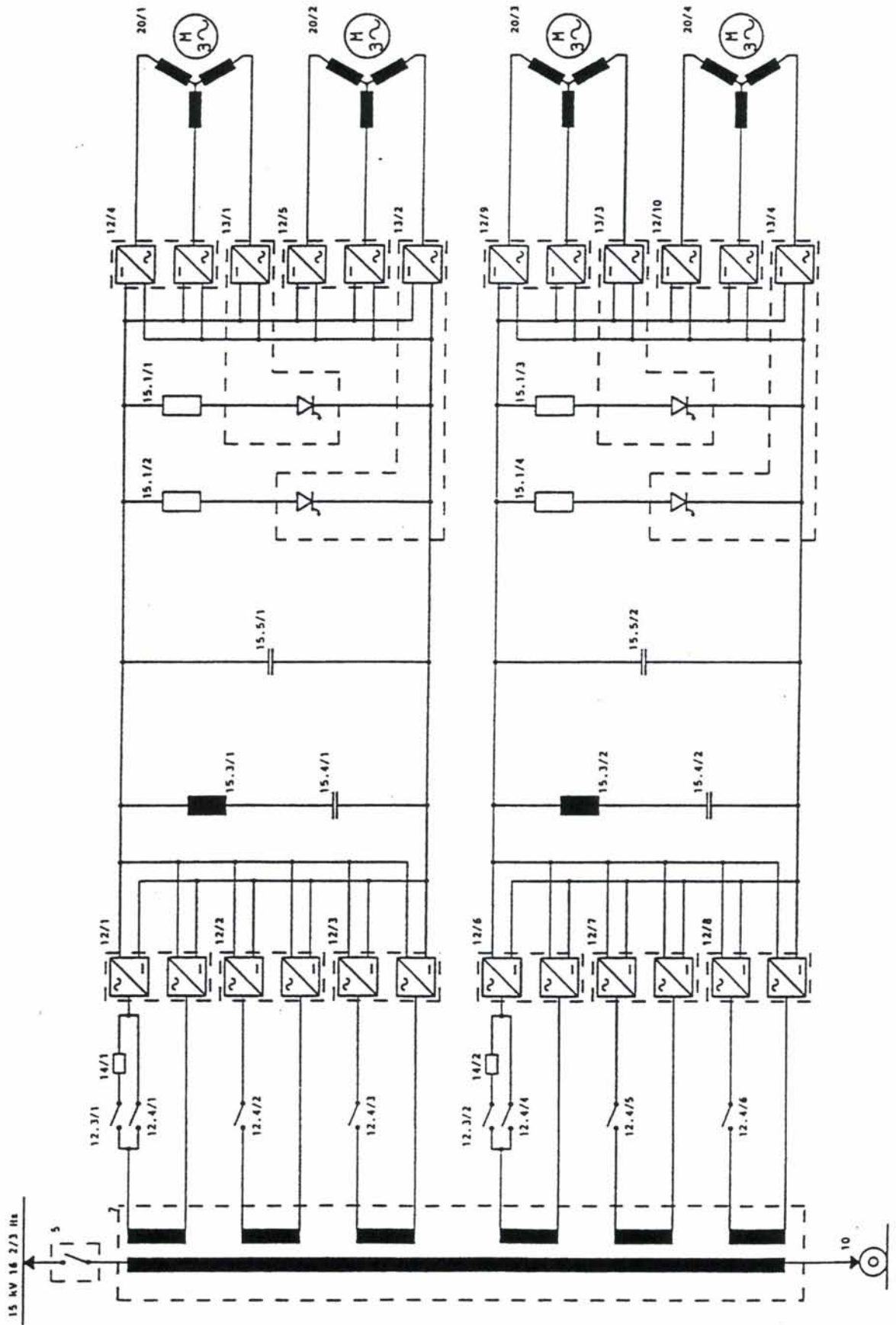
Enfase vekselspanning likerettes til en konstant likespenning og tilkoples mellomspenningskretsen. Denne likespenningen omformes til vekselspanning i vekselretterne der både spenningsnivået og frekvensen kan varieres, og tilkoples asynkronmotorene.

Prinsippet for vekselrettingen er beskrevet i Jernbaneskolens «Lærebok i elektroteknikk». Omdreiningstall på akslene registreres av impulsivere som gir tilbakemelding til reguleringselektronikken.

Elektrisk brems oppnås ved å senke frekvensen på motorspenningen til en verdi lavere enn rotorens mekaniske frekvens. Det induseres da også spenning og strøm i rotor, men spenningen har en slik retning at motoren går som generator og mater effekt tilbake gjennom vekselretterne, og tilbake til nettet.

Trykkluftbrems og nettbrems er koplet i avhengighet slik at det på lokomotivet/ motorvognen normalt bremses elektrisk, også når

Hovedstrømkrets El 18



lokføreren betjener trykkluftbremsen. Hvis ikke nok bremseeffekt oppnås styres trykkluftbrems ut i tillegg. På El 18 vil ikke trykkluftbremsen i alle situasjoner klare å kompensere fullt ut for bortfall av nettbrems. Det må derfor tas hensyn til dette, særlig ved kjøring av løsløkomotiv.

Dieselektrisk trekkraftmateriell

I dette kompendiet omtales elektrisk trekkraftmateriell. Vi skal likevel gi en liten kort beskrivelse av hvordan trekkraften reguleres på dieselektrisk materiell.

I dag nyttes trefase asynkromotorer. Prinsippet er likt med elektriske lokomotiver, bortsett fra at energien kommer fra en dieselmotor som er koplet til en tre-fase generator.

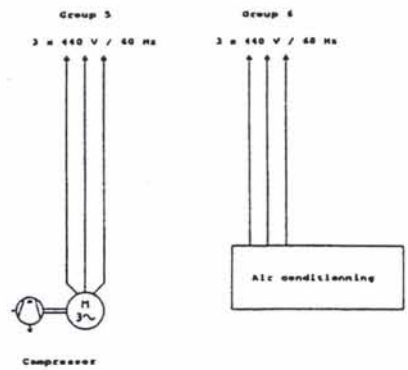
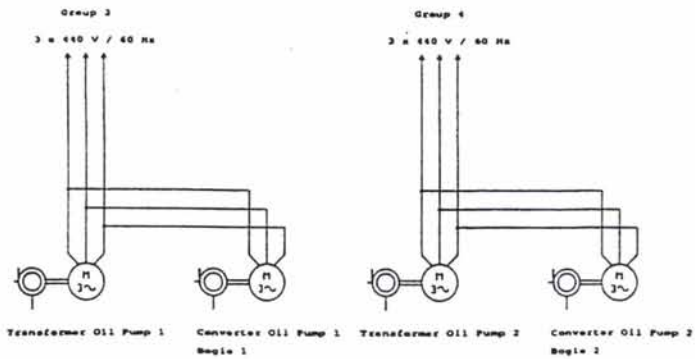
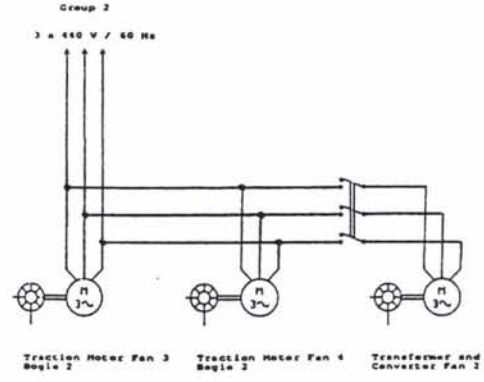
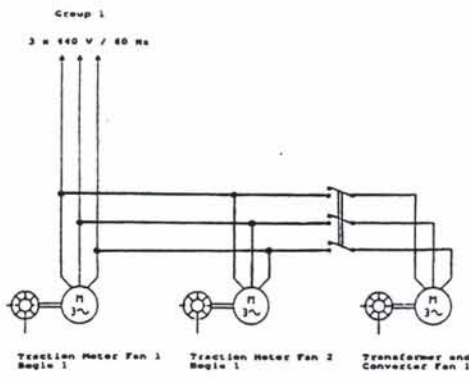
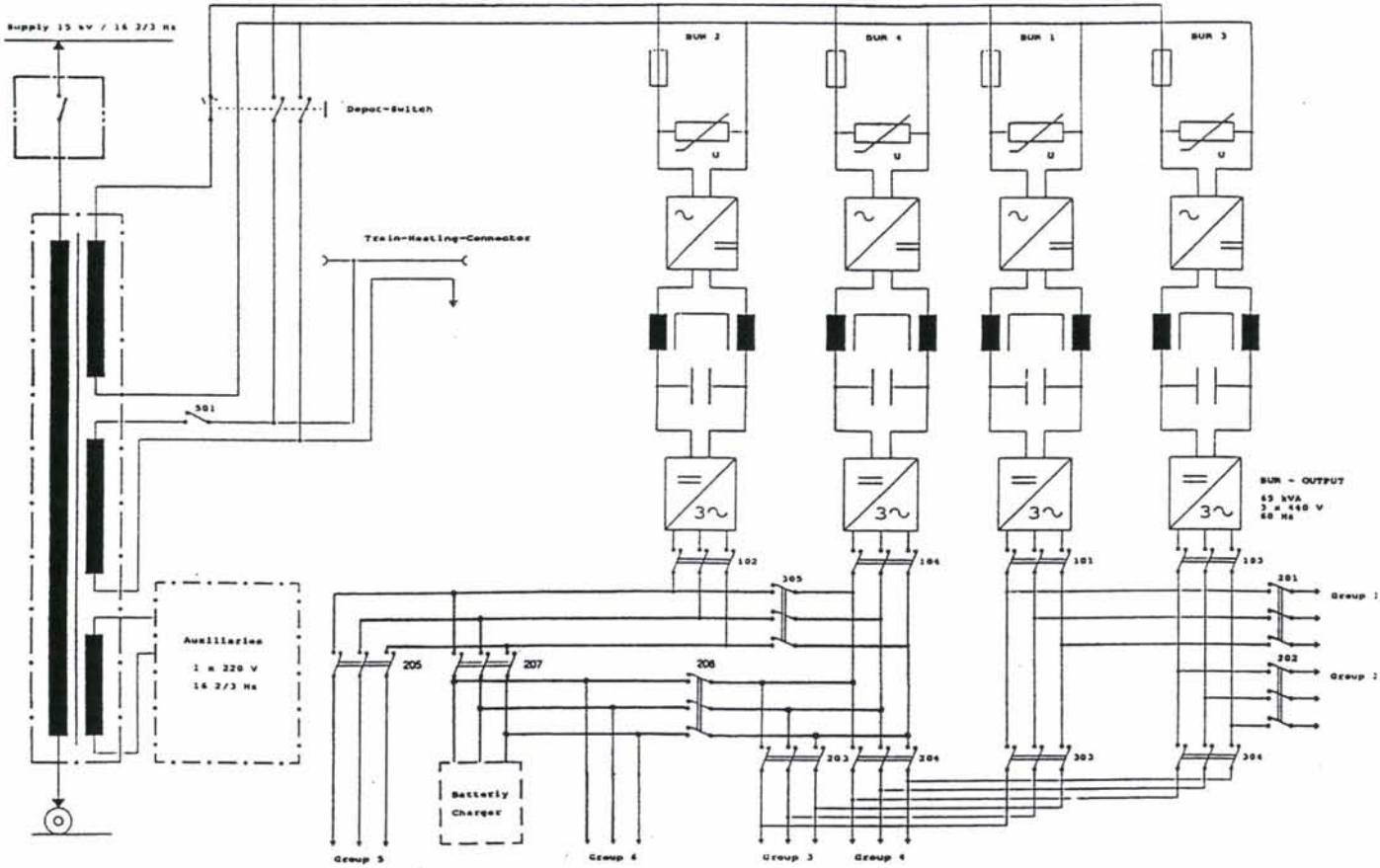
Spenning og frekvens fra generatoren avhenger av turtall på dieselmotor, og likerettes i strømrettere til mellomspenningskretsen. Vekselrettere omformer likespenningen til trefase vekselspanning med variabel spenning og frekvens.

Ved elektrisk bremsing mates bremseenergien hvis mulig til togvarmekretsen, eller den går gjennom bremsemotstander.

Lokomotiv type Di 3 har likestrøms seriemotorer. Her er dieselmotoren koplet til en likestrømsgenerator som leverer opptil 990 V spenning avhengig av turtall. Oppregulering av motorene på Di 3a skjer ved at de først er koplet i serie-parallell med spenning $\frac{1}{2}$ U over hver motor. Ved 23,5 km/h (og 920 - 930 V ut fra hovedgenerator) koples de om til parallellkopling. Ved ca. 55 km/h koples det inn en shunt (motstand) parallellt med feltviklingene i motorene. (Feltsvekking).

Di 3 b er bygget for høyere hastighet, 143 km/h, og avviker noe fra Di 3 a ved oppregulering. Den har i tillegg feltsvekking i serieparallell.

Hjelpestrøm El 18



Hjelpestrøm

«Hjelpeutstyr» kaller vi ofte slikt som hjelpemaskiner, kompressor, oljepumpe, motorventilasjon, kupéventilasjon, manøverstrøm, måle- og verneutstyr, instrumenter osv.

Dette utstyret arbeider gjerne på 220 V 16 2/3, eller 50 Hz, eller 3-fase 380 V 50 Hz. Lokomotivet/motorvognen kan ha tilkopling til ekstern strømforsyning for prøving av dette utstyret i verksted.

På eldre materiell, som f.eks. El 14, tas hjelpestrøm ut på egne trafo-uttak.

BM 69 A er det en roterende omformer som består av en kommutatormotor som driver en generator. Denne gir en spenning 3 x 220 V 50 Hz til hjelpeutstyret. På nyere materiell nyttes statiske omformere (strøm/vekselrettere).

BM 70

På BM 70 tas hjelpestrøm fra hovedtransformatorens hjelpestrømvikling med spenning 222 V og 800 V. 222 V-viklingen mater i hovedsak varmeovner og varmeelementer.

Omformeren mates normalt med 800 V, og ved tilkopling til stasjonær varmpost med 1000 V. Omformeren starter så fort det er spenning på vognen. Den er satt sammen av luftkjølte moduler i et felles stativ under vogn, og består av:

- Inngangslikeretter
- Mellomreaktansspole
- Utgangsvekselretter med variabel frekvens og spenning
- Utgangsvekselretter med fast frekvens og spenning
- Ladelikeretter

Omformeren har en utgang med fast trefase 380V, 50 Hz til drift av kompressor, oljepumper, lys i kupe og kupeventilasjon.

Til drift av motorventilasjon og oljekjøleaggregat har omformeren en utgang med variabel frekvens og spenning etter det behov som til en hver tid er tilstede (behovsventilasjon).

En statisk omformer representerer ikke noe galvanisk skille. Forbrukere av 1-faset 220 V, 50 Hz (barbermaskiner, cateringutstyr, PC, osv) må derfor galvanisk skilles ved hjelp av en skilletransformator.

El 18

El 18 har fire omformere. Enfase vekselspanning likerettes, og omdannes til 3-fase vekselspanning 440 V / 60 Hz. Dette driver motorventilasjon, oljepumper, air-conditioning, kompressor og batterilader. Ved feil på en omformer koples om slik at en annen omformer tar over. Se figuren.

BM 71-73

Togsettene har to hjelpestrømrettere, (BM og BFM). De er dimensjonert slik at det er tilstrekkelig effekt selv om en hjelpestrømretter havarerer, såkalt "redundant" styring. Kobles sammen ved feil, og ved tilkopling til varmepost. Ved redundant styring kan ikke kregesystemet nyttes.

Hjelpestrømretterne forsyner på disse togene HVAC (luftkondisjonering), kregesystem og batteriladere, i tillegg til kjøling og kompressor.

Manøverstrøm

Strømforsyning til betjeningsutstyr tas fra batteriet. Batterispenningen varierer på de ulike aggregater fra 36 V opptil 110 V. Batteriet er tilkoplede ladeutstyr som under normal drift holder dette oppladet. Batteriladere er en strømretter som omdanner hjelpespenningen til likespenning.

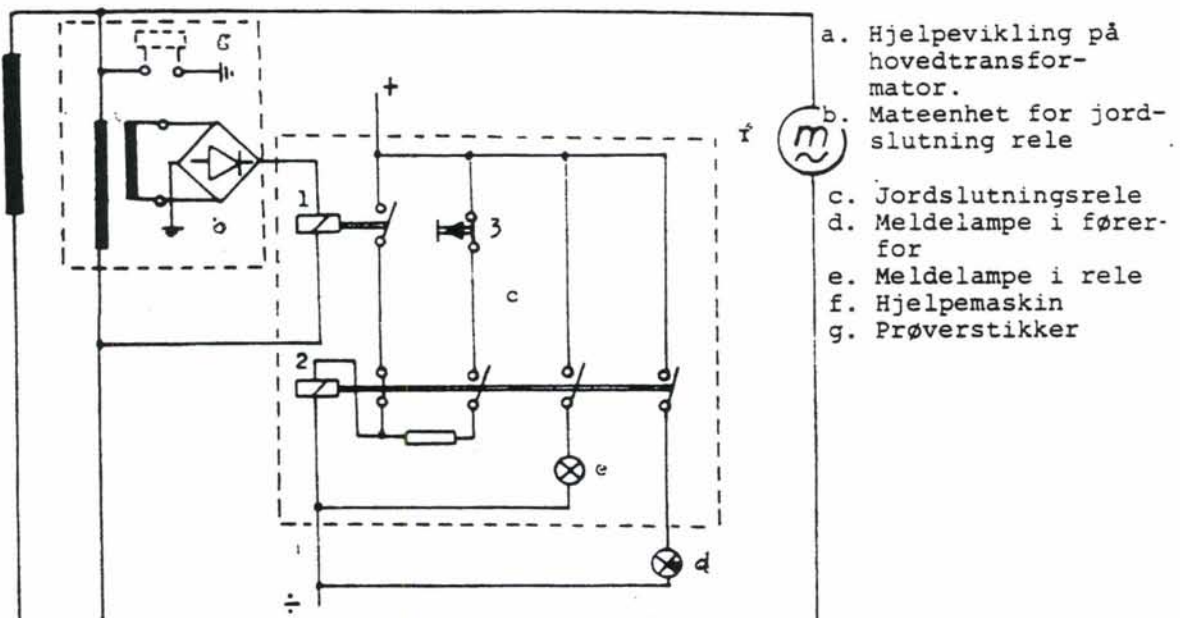
Releer

I manøverstrømkretsen finner vi releer, dvs. brytere som betjenes elektrisk. De består av en jernkjerne med et bevegelig anker. Til ankeret er festet en fjær som prøver å holde ankeret borte fra jernkjernen. Til ankeret er også festet en kontaktarm. Når det flyter en stor nok strøm gjennom viklingen, vil jernkjernen trekke ankeret til og vi får sluttet en strømkrets over kontakter i hjelpestrømkrets.

For å verne elektriske anlegg nytter vi overstrømreleer. Dette er releer som ved strømmer over en viss verdi forårsaker brudd i strømkretsen, f.eks. bryter holdestrømmen til høyspentbryter. Releene er «sekundærreleer», dvs at de er koblet til strømtransformatorer.

Nullspenningsrelé er et rele som sørger for at høyspenningsbryter kopler ut (etter 2- 3 sek.) hvis kontaktledningsspenningen blir 0.

Jordslutningsrele nyttes til å gi feilvarsel til lokomotivfører hvis det oppstår jordslutning i en motorkrets.



Jordslutningskontroll for hjelpestrømkrets El 14

Slirevern

På El 14 har vi en slirerekrets som medfører at det ved ulik strøm i motorene gis et sliresignal (akustisk) i førerrommet.

Lokomotivføreren må da nytte slirebrems, og regulere ned for å unngå utrusing av motoren.

På Di 3 reguleres automatisk feltstrømmen i hovedgenerator ned, og sandingsventilene åpner.

Fra og med type BM 69 har vi forskjellige typer av automatisk elektronisk slirevern. På type El 16 nyttes to utstyr, et presduktorsystem som registrerer mekaniske vibreringer på drivaksel og et slirevern som bygger på signaler fra impulsivere på traksjonsmotorene. Begge systemene styrer ned motorstrømmene.

Elektronisk slirevern er idag standard på elektriske trekkraftaggregater, men det fritar ikke lokomotivføreren for aktsomhet ved igangsetting. Best utnyttelse av adhesjonsforholdene oppnås ved å regulere opp slik at man ligger på adhesjonsgrensen, gjerne med bruk av slirebrems.

Instrumentering

I førerrommet har vi de instrumenter som føreren trenger å overvåke, og som gir viktig informasjon:

- Voltmeter for kontaktledningsspenning (På nyere materiell måles KL-spenning selv om høyspentbryter ikke er innkoplet)
- Amperemeter for primærstrøm
- Trekk- og bremsekraft, alternativt voltmeter for motorspenning og amperemeter for en eller flere motorstrømmer
- Diagnoseskjerm, eller feilmeldingslamper
- Amperemeter for togvarmestrøm
- Volt- og amperemeter for batteri
- Hastighetsmåler
- Klokke
- Manometer for hovedledningstrykk, hovedluftbeholdertrykk og bremsesyndertrykk, og eventuelt tidsbeholdertrykk.

Ved måling av strømmer og spenning i høyspent og motorstrømskrets nyttes måletransformatorer.

Lokomotiver med spenningsregulator (El 14 og El 15) har også en stillingsviser for spenningsregulator.

Registrerende hastighetsmåler

Hastighetsmåleren drives ved hjelp av en elektrisk generator på en aksel, eller impulsgevire.

For å registrere hastigheten har vi registrerende hastighetsmålerutstyr. På El 14-16 og BM 69 A - C har vi en mekanisk hastighetsregistrering i selve hastighetsmåleren. Registreringen skjer både på papirstrimler som registrere ca. 7800 km før papiret må byttes, og på en skive som registrerer de siste 1100 meter. Et urverk sørger for at det også registreres klokkeslett på papirrullen. Ved eventuelt uhell sperres skiven ved at dekkelet på hastighetsmåleren åpnes.

På nyere materiell nyttes elektronisk hastighetsmåler som registrer dataene. Denne gir svært nøyaktig informasjon om hastighet, og man kan ved hjelp av ekstern PC-tilkopling lage utskrift som viser nøyaktig kjørehastighet i forhold til det som er tillatt på strekningen med angivelse av kilometer og stasjoner. Ved eventuelt uhell stiller man om en bryter for å lagre alle data.

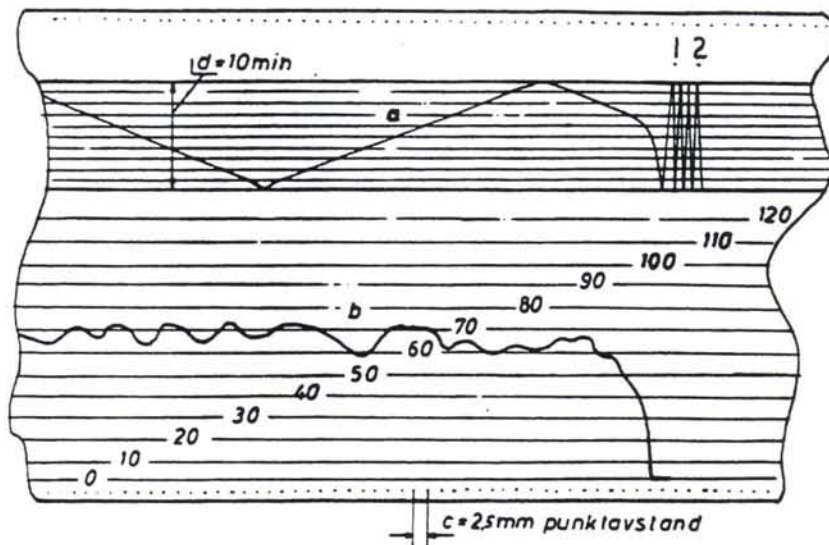
Fellesstyring (multipelstyring)

For å kunne kjøre flere trekkaggregater fra ett førerrom har vi forskjellig type multipelstyringsutstyr. De forskjellige elektriske typer som kan kjøres i multipel er:

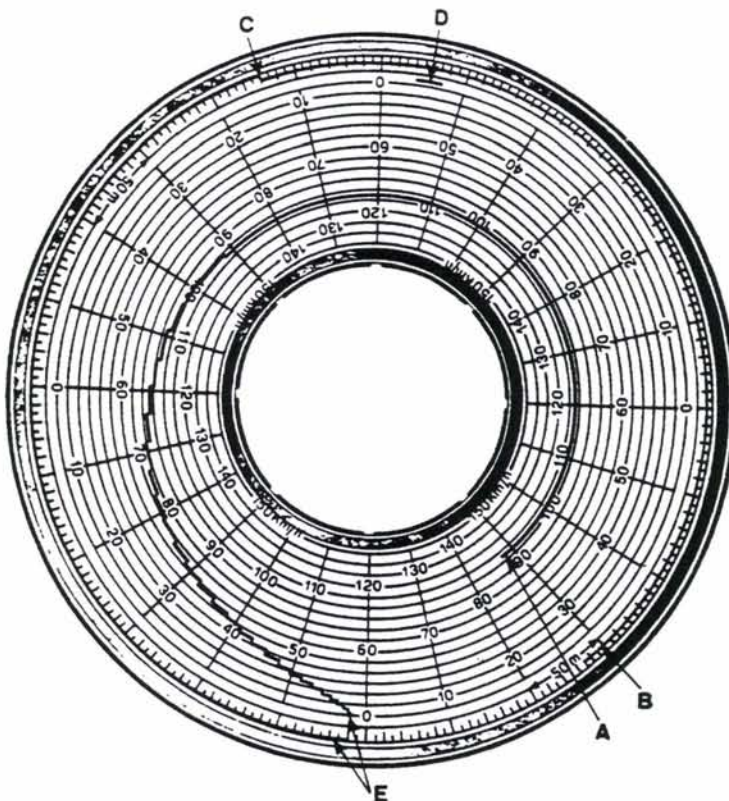
- BM 69: BM 69 innbyrdes og med BM 70 når BM 69 styrer.
- BM 70: BM 70 innbyrdes
- El 15: El 15
- El 16: El 16 og Rc
- El 17: El 17
- El 18: El 18

Våre dieselelektriske lokomotiver kan også kjøres i multipelstyring.

Hastighetsdiagram på registrerende hastighetsmåler, og registreringskive. Nyttes på El 14-16 og BM 69 A-C.



- a. Tidskurve
- b. Hastighetskurve
- c. Punktavstand ved stillstand tilsvarende 1/2 time
- c. Punktavstand ved gang tilsvarende 1/2 km



- A Hastighet
- B Bremskurve C-E
- D Tilleggsregistrering
- E Siste registrering

På nyere materiell skjer multippelstyringen over ett kabelpar ved hjelp av tidsmultipleksing, noe som muliggjør å nytte UIC-kabelen for overføring av dataene. Dermed kan f.eks. et tog kjøres med lokomotiv i hver ende, eller med styrevogn, uten at vognene i toget trenger spesiell kabel.

På eldre materiell er det forskjellige typer kabler i bruk, en for hver type.

Kabelkontaktene mellom lokomotivene, eller vognene, er et naturlig feilsøkingspunkt ved eventuelle problemer med multipelutstyr ettersom de lett er utsatt for skitt og støv.

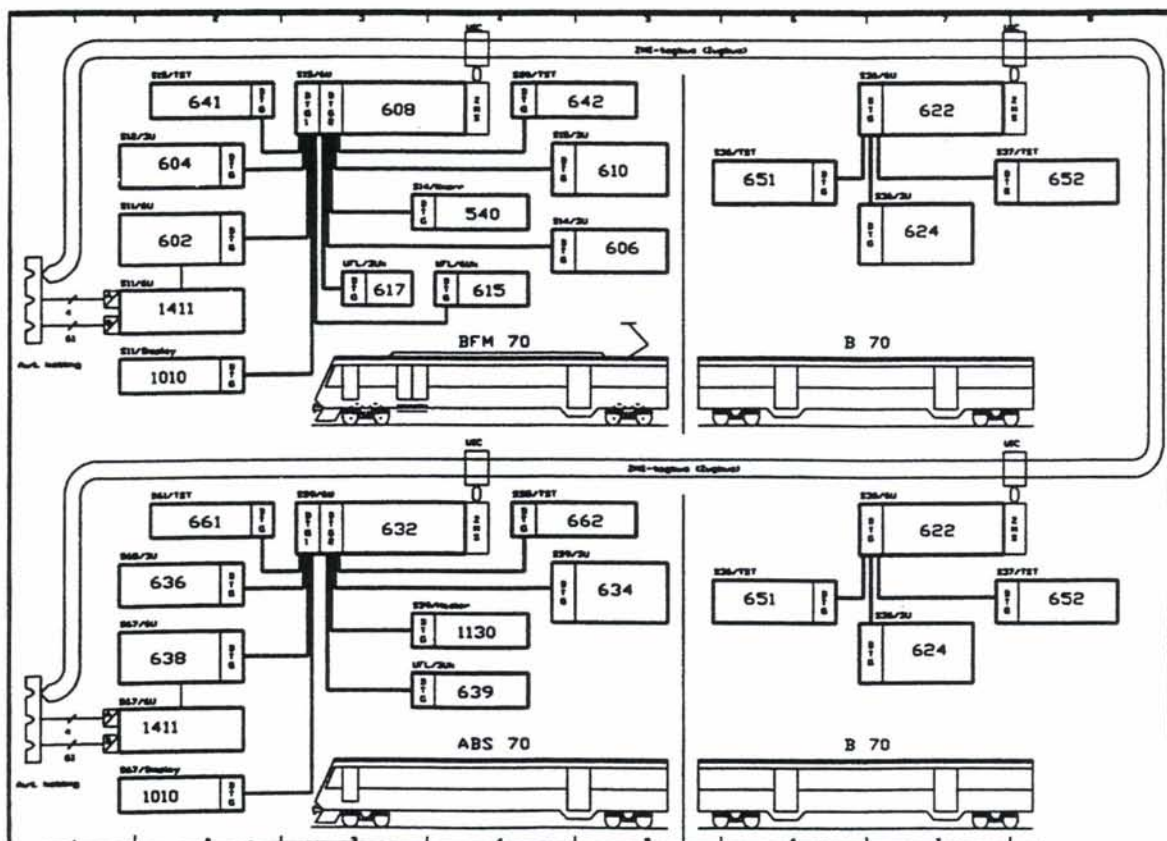
Bus-system

På nyere materiell (fra og med BM 70 og El 18) skjer all styring av funksjonene i toget, eller lokomotivet, av datamaskiner koplet i nettverk. En «busforvalter» er sentral i nettverket for hver enhet (lokomotiv, eller motorvogn). Diagnosesystemet ligger også i «busforvalteren».

De forskjellige datamaskinene og busforvalteren kalles for busstasjoner. Kommunikasjonen mellom busstasjonene foregår via fiberoptiske kabler internt i enheten (lok/motorvogn/ mellomvogn / styrevogn) og kalles «vognbus», mens den mellom enhetene foregår elektrisk over UIC-kabel og kalles «togbus».

Informasjonsmengder sendes i «busser» mellom busstasjonene. Pr. tidsenhet er det plass til et visst antall busser, men systemet har høy overføringshastighet. Internt i motorvogna/ lokomotivet går overføringen raskest, pga. fiberoptiske kabler.

Oversikt over bussystem på BM 70 med pos.liste



Oversikt over bus-stasjonene med sine funksjoner:

Motorvogn BFM

- 602: Bearbeiding førerbord
- 604: Bearbeiding førerrom bakvegg
- 606: Bearbeiding trykkluftstativ
- 608: Busforvalter
Diagnose
Bearbeiding varme&vent,
- 610: Bearbeiding styrestrøm, belysning, WC
- 615: ALG/SLG (strømretterstyring)
- 617: BUR (omformerstyring)
- 641: Dørstyring platform 1
- 641: Dørstyring platform 2
- 1010: Display
- 1411: Interface 69

Mellomvogn B

- 622: Busforvalter
Diagnose
Bearbeiding varme&vent,
- 624: Bearbeiding styrestrøm, belysning, WC
- 651: Dørstyring platform 1
- 651: Dørstyring platform 2

Styrevogn ABS

- 632: Busforvalter
Diagnose
Bearbeiding varme&vent,
- 634: Bearbeiding styrestrøm, belysning, WC
- 636: Bearbeiding trykkluftstativ
- 638: Bearbeiding førerbord
- 639: BUR (omformerstyring)
- 661: Dørstyring platform 1
- 661: Dørstyring platform 2
- 1010: Display
- 1411: Interface 69

Hastighetsautomatikk

På BM 69, 70, 71, 72 og 73, samt El 17 i kombinasjon med vogner av type 7, finner vi utstyr for hastighetsautomatikk. Det betyr at føreren kan innstille ønsket hastighet, og togsettet vil automatisk regulere seg til denne hastigheten og holde den. Reguleringsutstyret styrer ut nødvendig trekk- eller bremskraft.

På lokomotivet / motorvognen nyttes motstands- eller nettbremse, mens bremsene på vognene styres elektropneumatisk («EP-bremse»). Ved stillstand (skalverdi = erverdi = 0) styres det ut en holdebremse. Akselerasjon og retardasjon kan reduseres ved f.eks. dårlige adhesjonsforhold, ved hjelp av vendere plassert i førerbord.

Kjøreretningsvender har på slikt materiell egen stilling A for hastighetsautomatikk. Materiellet kan også kjøres manuelt (stilling F eller B). Da velger føreren ønsket trekkraft, eller brems.

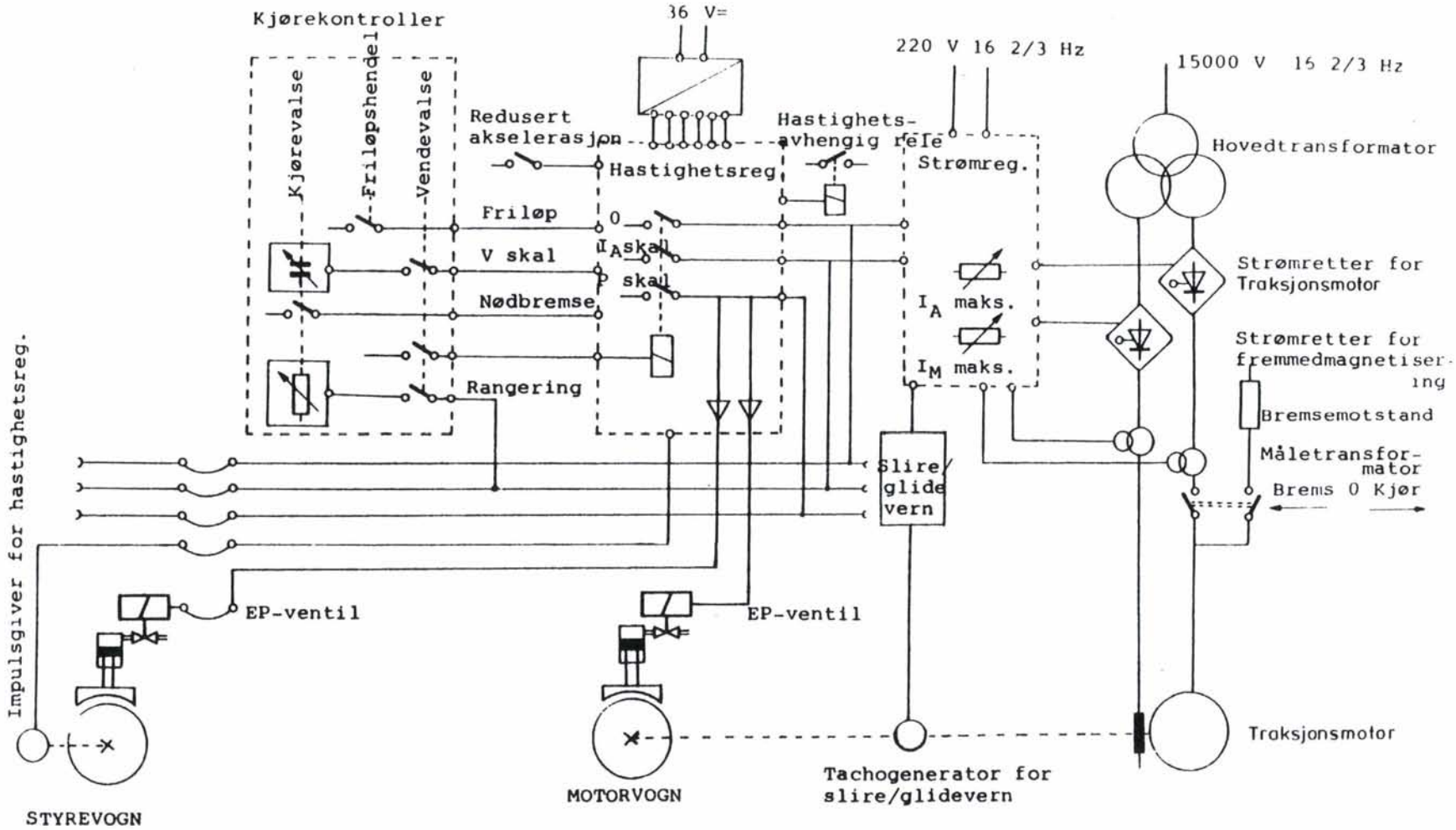
På El 18 kan vi også innstille ønsket hastighet, men ved bremsing reguleres bare lokomotivets bremses. Når det kreves bremskraft på hele toget må togbremsen tilsettes av lokomotivføreren.

Sikkerhetsbremseapparat Sifa

SIFA er en forkortning fra tysk og betyr egentlig «sikkerhetskjørekopling».

Apparatet er bygget opp av elektroniske komponenter og er tidsavhengig, dvs. det trer i funksjon etter bestemte innstilte tidsintervaller.

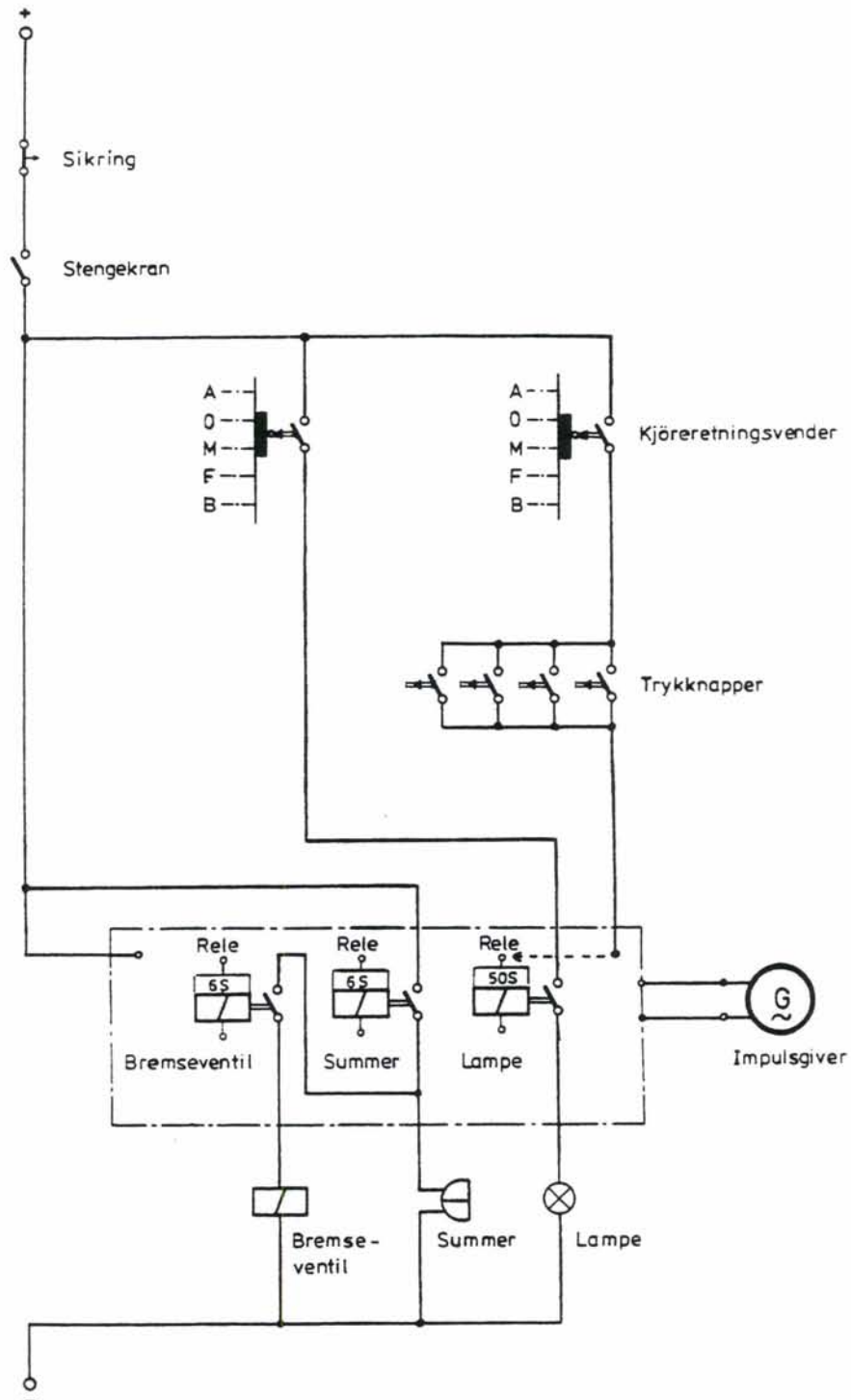
Lokomotivføreren betjener normalt et fotbrett som holdes nede. Når aggregatet er i bevegelse må føreren kvittere ved å slippe brettet opp innen et tidsintervall på 50 sekunder. Hvis dette ikke gjøres vil en lampe tenne og lyse i 6 sekunder, deretter vil man i tillegg få et akustisk varsel i 6 sekunder. Er det ennå ikke kvittert brytes strømkretsen til en bremseventil («Sifa-ventil») som setter hovedledningen til fri luft over et stort tverrsnitt, og dermed oppnås nødbremse. Nødbremsen vil også medføre at trekkraften på trekkaggregatet/ene koples ut.



Blokkdiagram for hastighetsregulering BM 69

Anlegget skal funksjonsprøves, og lokomotivføreren skal kvittere for dette ved uttak. Til dette formål er det en vender, eller trykknapp, for prøving av utstyret når aggregatet står stille.

Lokomotivet/ motorvogna kan også ha knapper i førerbord og eventuelt ved sidevindu for betjening av Sifa. På El 18 skjer dessuten kvittering hver gang føreren betjener pådragshåndtaket ved kjøring i «manuell».



Automatisk motorbryter

For å kople ut trekkraft når det foretas nødbremser i toget, av Sifa, førerbremseventil, konduktørbremsekran eller ved slangebrudd på hovedledningen, har vi den automatiske motorbryter.

Den er bygget som en trykkvokter med bryter, og står i forbindelse med bremsesyylindertrykket. Bryteren holdes inne ved hjelp av en fjær. Ved et bestemt trykk (innstillbart) koples den elektrisk kontakten fra og gir brudd i manøverstrømkretsen til motor bryterne.

I enkelte tilfeller, som f.eks. start med tunge tog i stigning, kan det være vanskelig å komme igang fordi man ikke kan få regulert opp før bremsen er tilnærmet løs. Toget ruller kanskje i stedet bakover. Derfor finnes det en bryter (På El 15 og 16 på førerbordet) som kan kople ut den automatiske motorbryter. Den må straks legges inn igjen etter igangsettingen, og på El 15 og 16 gis et akustisk varsel når den automatiske motorbryter er utkoplet.

I stedet for trykkvokter på bremsesyylindertrykk kan trekkaggregatet ha føler som registrerer trykket i hovedledningen.

Automatisk togkontroll - ATC

På lokomotivet finner vi en datamaskin, førerpanel i førerrommet og antenne under lokomotivet, motorvogna, eller styrevogna. Lange lokomotiver, som El 18, krever to antenner. I tillegg finner vi en RGV-ventil som kan regulere styretrykk i førerbremseventil/ anlegg, og en nødbremseventil (Sifa-ventil).

Utstyret gir automatisk hastighetsovervåking, avhengig av utstyret i kjøreveien;

- Full overvåking
- Delvis overvåking
- Overvåking av maksimalhastighet

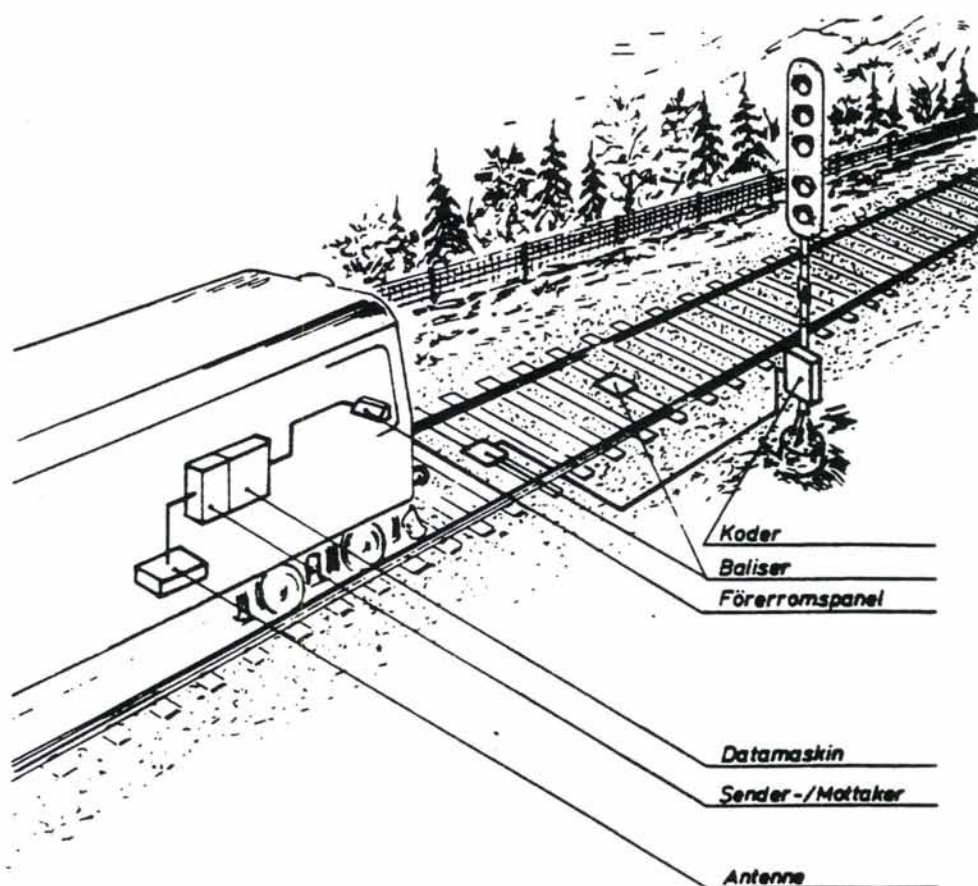
Via baliser i sporet gis informasjon om mål hastighet og avstand til målpunktet. Hvis mål hastighet er lavere enn den hastigheten toget holder, regner datamaskinen ut nedbremsingskurve for toget.

Bremser ikke føreren tilstrekkelig foretas automatisk brems. Passeres et hovedsignal i «stopp» foretas nødbrems.

Systemet kan også gi informasjon til lokomotivfører i tillegg til det det visuelle signalanlegget kan gi.

Ved delvis overvåking overvåkes normalt bare om lokføreren stopper ved stoppsignal, og hastighet i innkjøring i avvikende togspor. Forøvrig overvåkes da bare innstilt maksimalhastighet.

For en detaljert beskrivelse henvises til ATC-håndbok for lokomotivpersonalet.



Mikroprosessorstyrt førerbremseanlegg

Førerbremseanlegg Knorr type HSM er mikroprosessorstyrt. Ved NSB finner vi anlegget på motorvognsett type 70, 71 og 73, og på lokomotivtypene El 18 og Di 8.

Når føreren betjener betjeningshåndtakeet i førerbordet går signalene til førerrommets datamaskin. Beskjeden sendes via vognbus, eventuelt togbus til togets/lokomotivets HSM-bremseregner.

Signalene fra denne omsettes til styretrykk i en analogvandler. Dette styretrykket styrer hovedledningstrykket i en releventil RHD 2.

Ved feil kan anleggets styretrykk reguleres ved hjelp av betjeningshåndtak for direktevirkende brems. På BM 70 og 71/73 rent pneumatisk, mens det på El 18 skjer elektrisk over elektropneumatiske-ventiler.



Motorvognsett type BM 71, "Flytoget".

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU06567