TUNNELTÅGSRADIO

Teknisk orientering

TEKNISK ORIENTERING OM TUNNELTÅGSRADIO HOS

STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK AB

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Allmänna trafikdata	sid. 1
Ändamål med tunneltågsradio	sid. 1
Tunneltågsradionätets funktion	sid. 1
Tunneltågsradionätets uppbyggnad	sid. 2
Basstationer för tunnelbanornas ytsträckor	sid. 2
Frekvensmodulationsstörningar	sid. 3
Basstationer för tunnelbanornas tunnelsträckor	sid. 3
Radiokommunikation i tunnlar	sid. 4
Mobilstationer för tunnelvagnar	sid. 4
Antenn för tunnelvagnar	sid. 5
Service av tunneltågsradionätet	sid. 5

FIGURER OCH BILDER

Omslagsbilden visar tunnelantenn i tak på station	
Sträckdämpning för 160 MHz i tunnlar	fig. 1
Sträckdämpning som funktion av väggavstånd	fig. 2
Räckvidd i tunnlar	fig. 3
Blockschema över basradionät	fig. 4
Blockschema över mobil radiostation CQM 612	fig. 5
Manöverutrustning TUC	Bild 1
Terminalutrustning TUC	Bild 2
Antennutrustning för radiosändare	Bild 3
Antennutrustning för radiosändare	Bild 4
Radiosändare (stativ 1 för tunneltågsradio, stativ 2-4 för bussradio)	Bild 5
Antennutrustning för radiomottagare	Bild 6
Radiomottagare (väggstativ 1 och 2 för tunneltågsradio, stativ 3-5 för bussradio)	Bild 7
Tunnelbasradiostationer	Bild 8
Tunnelantennförläggning i tunnel (övre kabeln) samt anpassningstransformatorer	Bild 9
Radioutrustning till tåg (mikrofonenhet, radiostation, manöverkabel, tågantenn och radiostationshållare)	Bild 10

AB STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK
Tekniska avdelningen
EP/AH

TUNNELTÅGSRADIO HOS AB STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK (SL)

ALLMÄNNA TRAFIKDATA FÖR TUNNELBANORNA I STOCKHOLM 1967

2 tunnelbanor med 5 ordinarie linjer och en linjesträckning av 93 km varav 41 km i tunnel

Antal tunnelvagnar = 657 st

Antal tåg under högtrafik = 75 st

Antal trafikanter i genomsnitt = 650.000/vinterdag

Antal trafikanter i genomsnitt = 395.000/sommardag

ÄNDAMÅL MED TUNNELTÅGSRADIO

1. Ordersamtal från Tunnelcentral (TUC) till tunneltåg
   a. Ändrade tågvägar
   b. Ändrade tågtider
   c. Ändrade körförhållanden efter driftstörningar

2. Rapportsamtal från tunneltåg till TUC
   a. Belastning (förseningar)
   b. Banfel
   c. Signalfel
   d. Diverse iakttagelser av trafikantintresse

3. Hjälpsamtal från tunneltåg till TUC
   a. Vid tåg- och vagnfel
   b. Vid ordningsstörningar i tåg och på tunnelstationer
   c. Vid olyckor

TUNNELTÅGSRADIONÄTETS FUNKTION

SL tunneltågsradio ger direkt förbindelse mellan tunnelcentralen (TUC) och tåg. Via TUC kan tåg på samma bansystem erhålla radioförbindelse med varandra.

Radiotrafiken mellan å ena sidan tågens sändare och mottagare och å andra sidan TUC sker på ytsträckorna via en sändare i Skattehuset och en mottagare i Mälarhöjden som har trådförbindelse till manöverutrustningen på TUC. På tunnelsträckorna sker radiotrafiken via s.k. tunnelbasstationer, vars sändare och mottagare också har trådförbindelse med TUC. Tunnelbasstationerna är uppsatta inne i tunneln med ett inbördes avstånd av ca 1 km och är anslutna till en antennkabel i tunnelns hela längd.

Trafiksättet är semiduplex på skillda frekvenser, vilket innebär att sändning sker på en frekvens och mottagning på en annan. I tågen måste därför sändning och mottagning ske växelvis. TUC kan dock ha mottagning och sändning samtidigt vilket gör att alla radiosamtal som tas emot på TUC normalt återutsändes till alla övriga radioförsedda tåg.

Inkoppling av radiohögtalare i tågen sker genom en pilotton (94,8 p/s) som automatiskt moduleras på bärvågen då sändning sker på radionätet.

Ett anrop från TUC till ett tåg föregås av en lystringston.

Om TUC omedelbart ej kan besvara ett anrop utsänds automatiskt en upptagetton till samtliga tåg. Tonen ljuder tills TUC har möjlighet att besvara anropet.

TUNNELTÅGSRADIONÄTETS UPPBYGGNAD

1 radiokanal (anrop och samtal) för tunnelbana 1 (linjerna 11, 18 och 19)

1 radiokanal (anrop och samtal) för tunnelbana 2 (Linjerna 13 och 14)

2 basradiostationer för tunnelbanornas ytsträckor

45 tunnelbasstationer för tunnelbanornas tunneldelar

350 mobilstationer för tunnelvagnarna

Manöver- och antennutrustning fast monterad i 564 tunnelvagnar

BASSTATIONER FÖR TUNNELBANORNAS YTSTRÄCKOR

Bassändarna är placerade i Skattehuset och ger en god radiotäckning inom hela SL:s aktuella trafikområde med ett signalstörförhållande bättre än 30 dB.

Bassändarna är av fabrikat Storno typ CTF 11 - 1050

Antennutrustningen är en halvvågsantenn av fabrikat Kathrein typ K 55072 med 3 dB förstärkning

Antennhöjd = 120 m.ö.h.

Uteffekt = 50 W

Frekvensstabilitet bättre än $\pm$ 1 kHz

Icke önskad utstrålning mindre än 2×10^{-7} W

Basmottagarna är heltransistoriserade och placerade i Mälarhöjden där störnivån är låg. Basmottagarna nås av radiosamtal från mobila och bärbara radioutrustningar från hela SL:s aktuella trafikområde med ett signalstörförhållande bättre än 20 dB.

Basmottagarna är av fabrikat Storno typ CQF 612

Antennutrustning är en halvvågsantenn av fabrikat Kathrein typ K 55072 med 6 dB förstärkning

Antennförstärkare fabrikat Rohde & Schwartz typ NV1/175-502 med 7 dB förstärkning

Mottagarnas känslighet = 0,3 uV för 20 dB S/N

Mottagarnas selektivitet = 85 dB

Mottagarnas intermodulation = 70 dB

Mottagarnas frekvensstabilitet bättre än 1 kHz

FREKVENSINTERMODULATIONSSTÖRNINGAR

I icke linjära system t.ex. olinjära sändarslutsteg uppstår intermodulationsfrekvenser som kan förorsaka störningar på ett radionät som oturligtvis nog råkar ha någon av dessa frekvenser

Intermodulationsstörningar av 3-dje ordningen $2f_1 - f2$, $2f_2 - fl$, $fl + f2 - f3$ o.s.v. är mycket besvärande ur störningssynpunkt.

Antalet intermodulationsfrekvenser kan beräknas enligt följande formel:

$X = 1/2\ n^2\ (n - 1)$ X = antal intermodulationsfrekvenser n = antal radiokanaler.

I Skattehuset har SL	8 kanaler
I Skattehuset har Polisen	4 kanaler
Vid Mosebacke har Elverket	2 kanaler

Dessa 14 kanaler ger X intermodulationsfrekvenser av 3:dje ordningen

$X = 1/2\ 14^2\ (14 - 1)$ $X = 1274$

Tyvärr har intermodulationsfrekvenser bildats som överensstämmer med frekvenserna för tunneltågsradionätet. Dessa intermodulationsfrekvenser förorsakar störningar för tågförarna då egen bärvåg icke är igång. Intermodulationsstörningar skulle kontinuerligt störa tunneltågsradionätet p.g.a. att vissa av dessa frekvenser som förorsakar intermodulationsstörningarna ligger ut kontinuerligt. För att förhindra dessa störningar har radionätet kompletterats med en pilotton. Pilottonen 94,8 p/s är modulerad på bärvågen under hela radiosamtalet och fungerar som en nyckel (relä i pilottonmottagare) som öppnar högtalarna i tågen. D.v.s. intermodulationsfrekvenser som inte är modulerade med denna pilotton kan icke öppna högtalarna i tågen.

BASSTATIONER FÖR TUNNELBANORNAS TUNNELSTRÄCKOR

Basstationerna är placerade i tunnlarna med ca 1 km inbördes avstånd

Basstationerna är flyttbara och försedda med bärhandtag

Basstationen har 3 st anslutningskontakter (antenn- manöver- och nätspännings-kontakt) med snabblåsning

Basstationerna har kristaller och oscillatorer för samtliga tunneltågsradiofrekvenser för att minska reservdelshållningen och underlätta ett radiostationsbyte

Inkoppling av rätt frekvens för olika tunnelsträckor sker i den fasta anslutningsutrustningen.

Basstationerna är heltransistoriserade och av fabrikat Storno typ CQF 612.

Vikt ca 20 kg

Sändarnas uteffekt = 10 W

Sändarnas frekvensstabilitet bättre än $\pm$ 1 kHz

Icke önskad strålning från sändarna mindre än 2×10^{-7} W

Mottagarnas känslighet = 0,3 uV för 20 dB S/N

Mottagarnas frekvensstabilitet bättre än 1 kHz

Mottagarnas selektivitet = 85 dB

Mottagarnas intermodulation = 70 dB

RADIOKOMMUNIKATION I TUNNLAR

De första redovisade försöken med radiokommunikation i tunnlar på 160 MHz-bandet utfördes 1956 av Bell Telephone Laboratories i "Hudson River-tunneln". Proverna började med att man försökte med ett normalt ovanjordsradiosystem som gav så kort räckvidd att förbindelsen inte hade något praktisk värde.

På grund av reflektioner absorberas radioenergin av tunnelväggarna som resulterar i en mycket hög sträckdämpning jämfört med radioförbindelser ovan jord. Mätningen har visat att i raka tunnlar ökar sträckdämpningen ca 40 dB/ 100 m.

För att erhålla acceptabla radioräckvidder i tunnlar har man både i USA och Europa gått in för en balanserad transmissionslinje (tunnelantenn) med låg dämpning för radioenergin (ca 2 dB/100 m) som ger tillräcklig läckning för att erhålla lämplig fältstyrka i normala tunnlar.

Utstrålningen från en tunnelantenn påverkas mycket av dess förläggning.

Tunnelantennen bör förläggas minst 10 cm från tunnelvägg. se fig. 1 och 2

Räckvidd med 10 W stationer som funktion av förläggningssätt framgår av fig. 3

I SL:s tunnlar har tunnelantennen monterats med specialhållare på befintliga kabelkonsoler ca 1 1/2 m över spårnivå och ca 5 - 10 cm från tunnelvägg. Vid tunnelstationer är tunnelantennen i allmänhet monterad på en trälist ca 3 cm från tunneltak och/eller tunnelvägg.

Med SL:s montagesätt erhålles ca 1 km räckvidd per tunnelbasstation.

MOBILSTATIONER FÖR TUNNELVAGNAR

Enär avsikten med tunneltågsradion är att erhålla radioförbindelse mellan TUC och tunneltågsförarna skulle i princip inte behövas mer än en radiostation per tunneltåg.

Radiostationen kunde tyvärr inte hos SL placeras på central plats i tåget eftersom det inte finns några tillgängliga manöverledningar för radio mellan vagnarna. D.v.s. radiostationen måste finnas i förarhytten och eftersom föraren inte har möjlighet att flytta radiostationen vid en ändstation måste tåget förses med en radiostation i var tågände.

Vissa tåg (8-vagnars) som tursätts kommer efter några timmars körning att delas och bilda 4-vagnarståg och måste följaktligen vid första tursättningen vara försedda med 4 radiostationer.

Samtliga vagnar (564 st) som har utrustning för enmanskörning är försedda med antenn- och radiomanöverutrustning.

Radiostationen är lätt flyttbar och försedd med bärrem och två st anslutningskontakter med snabblås.

Vid iordningställande av tunneltåg i tunnelvagnshallarna placeras radiostationer i akutella tunnelvagnar.

Provanrop till TUC utföres alltid efter ett radiostationsbyte. Ca 60 radiostationsflyttningar utföres per dygn.

350 radiostationer varav ca 5 % är reservstationer åtgår för att förse samtliga tunneltåg med radiostationer.

Radiostationen är heltransistoriserad och av fabrikat Storno typ CQM 612.

Vikt ca 5 kg

Radiosändarens uteffekt = 10 W

Radiosändarens frekvensstabilitet bättre än ± 3 kHz

Icke önskad strålning mindre än 2 X 10^{-7} W

Radiomottagarens känslighet = 0,3 uV för 20 dB S/N

Radiomottagarens frekvensstabilitet bättre än ± 3 kHz

Radiomottagarens selektivitet = 85 dB

Radiomottagarens intermodulation = 70 dB

Radiomottagarens lågfrekvensuteffekt = 2 W

Strömförsörjning vid mottagning = 0,1 A (3,6 W)

Strömförsörjning vid sändning = 1 A (36 W)

ANTENN FÖR TUNNELVAGNAR

Antennen är av fabrikat Allgon typ Slot

Antennen har försetts med ett skyddshölje av plast

Mått ca 12 X 53 X 13 cm

Polarization = vertikal

Stående vågförhållande = 1:1,5

Förstärkning = samma som för 1/4 vågsantenn

För de frekvenser SL använder är antennhöjden normalt ca 20 cm. P.g.a. tunnlarnas utformning och tågantennens placering kan SL inte ha mer än maximalt 12 cm antennhöjd, varför antennen måste specialkonstrueras.

SERVICE AV TUNNELTÅGSRADIONÄTET

Regelbunden preventiv service för bl.a. kontroll av frekvenser, sändarnas uteffekt, modulation mottagarnas känslighet och lågfrekvensnivåer.

Terminal- och manöverutrustning på TUC, fast radioutrustning i Skattehuset och Mälarhöjden åtgärdas på plats av servicepersonal från Storno.

Tunnelbasstationer och mobila radiostationer byts av SL:s fältpersonal och transporteras till Stornos serviceverkstad i Farsta för översyn och reparation.

OBS! att ingen efterjustering av radiostationerna utföras i tunnelvagnar och på tunnelbasstationsplatser samt att radiostationerna inte är bundna till någon viss plats utan en radiostation (reserv) kan placeras i valfri vagn eller plats.

Mikrofonenhet (manöverenhet) byts också enligt utbytessystemet av SL:s fältpersonal och transporteras till SL:s serviceverkstad för översyn och reparation.

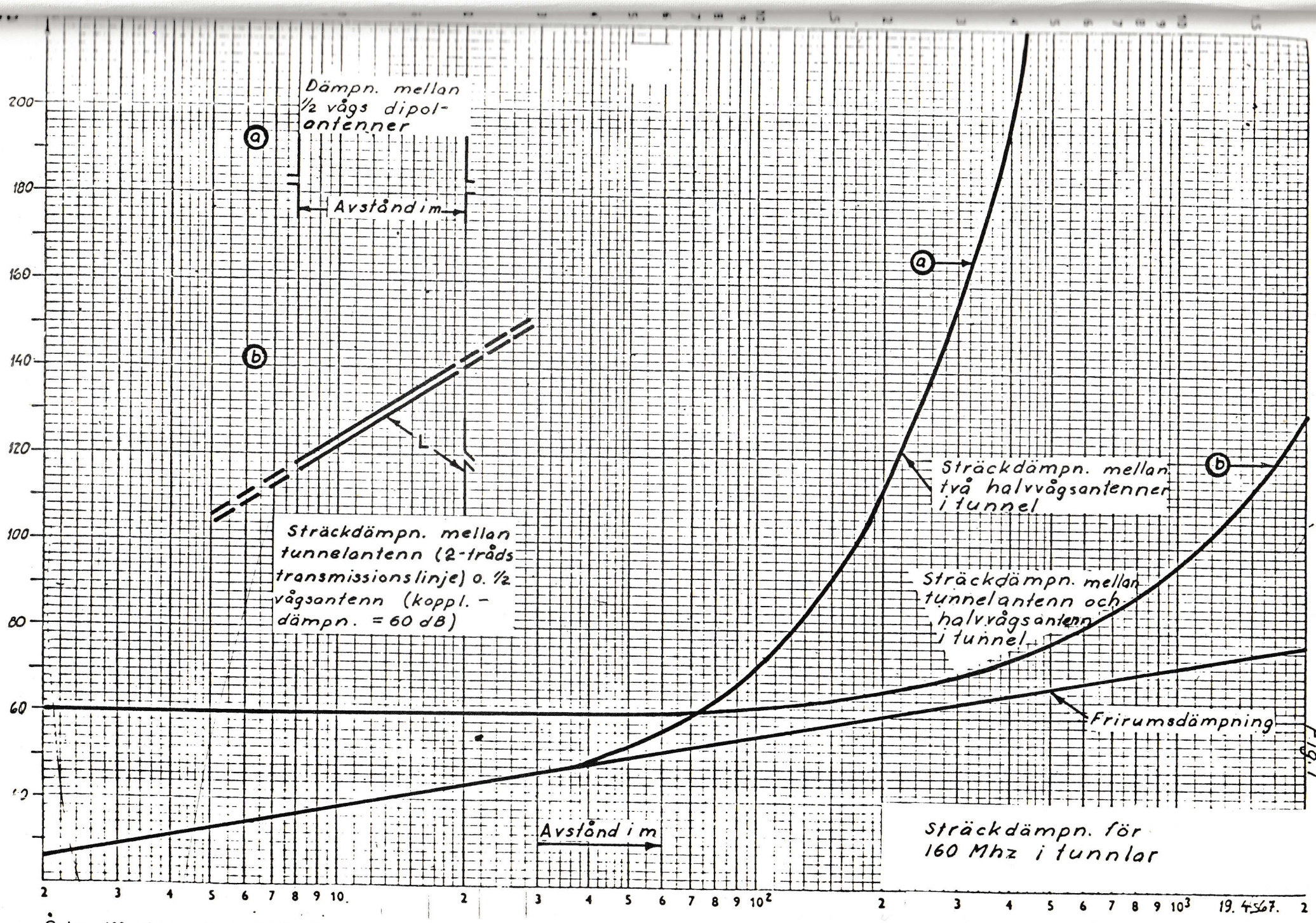


Fig. 1

Ordinat 100 delinger - Abscisse 20-20.000 Hz.

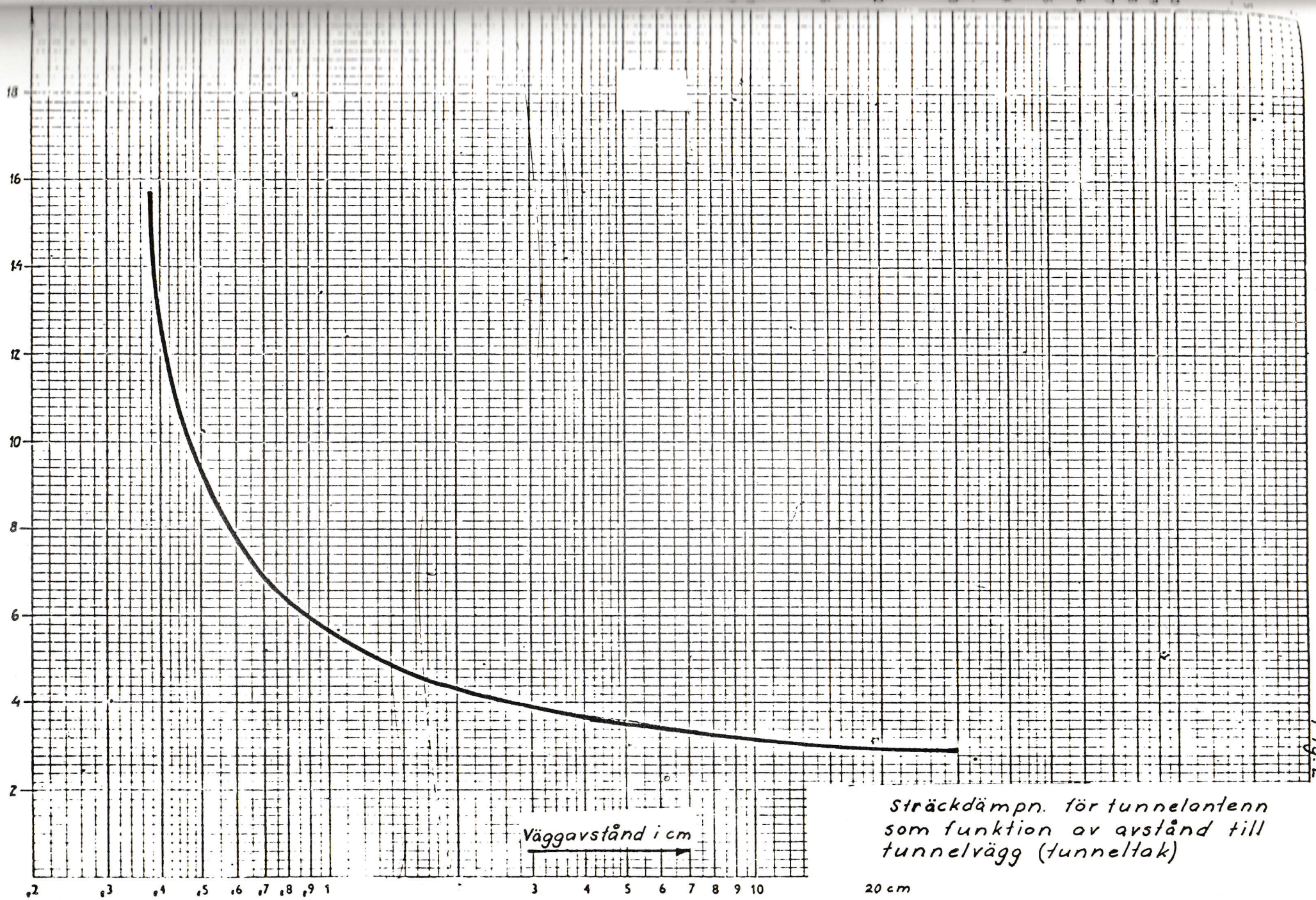


Fig. 2

Sträckdämpn. för tunnelantenn som funktion av avstånd till tunnelvägg (tunneltak)

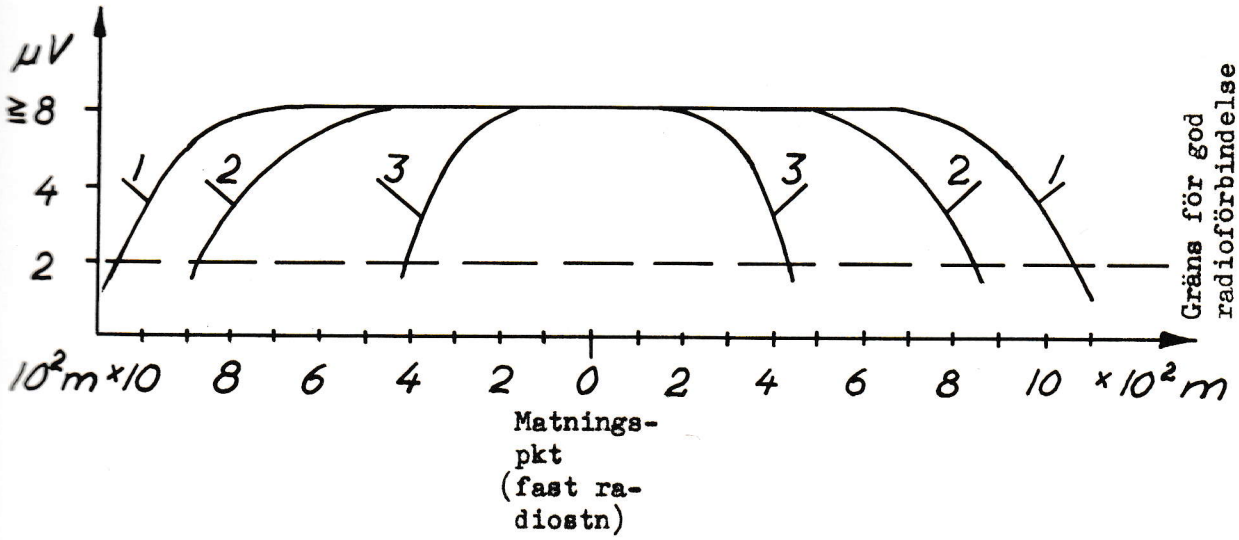
Ordinat 100 delinger - Abscisse 20-20.000 Hz.

Fig. 3

Radioförbindelseräckvidd i bergtunnel som funktion av olika antennförläggningsarrangemang

Mittmatad antennutrustning bestående av bandkabel RG86 med z = 200 Ω

Sändning från basradiosändare med 25 W uteffekt till tågradiomottagare med takantenn.



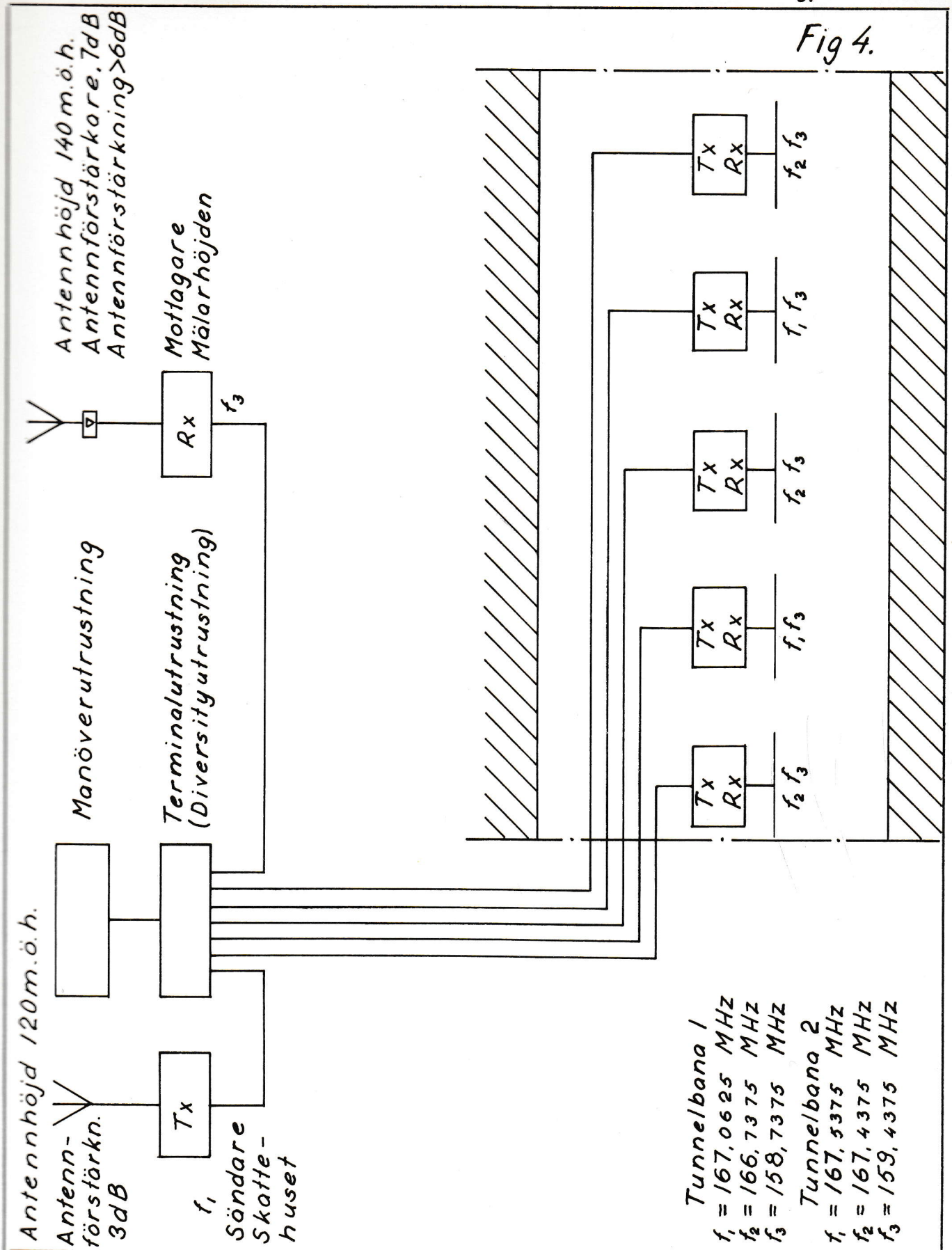
Kurva 1 = antennutrustningen (bandkabel RG86) monterad frihängande i tunnel (ca 20 cm från bergvägg med hjälp av bärlina och plasthållare för bandkabeln), vid hållplatsplattform bakom befintlig skyltbräda. Radioförbindelseräckvidd ca 2 km.

Kurva 2 = i tunnel frihängande montage av antennkabel och vid hållplatsplattform montage på befintliga kabelhållare. Radioräckvidd ca 1,7 km.

Kurva 3 = montage av antennkabel i tunnel och vid hållplatsplattform på befintliga kabelhållare. Radioräckvidd ca 0,8 km.

SS	AB STOCKHOLMS SPÅRVÄGAR TEKNISKA AVDELNINGEN	
Skala	Rit. PK	
Smst-ritn.	Kontr.	
Ersätter	Stand. gr.	Ändring
Dat. 24/8 1960	Godk.	

Fig 4.



Tunneltågsradio
Blockschema över
basradionät

SL AB STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK

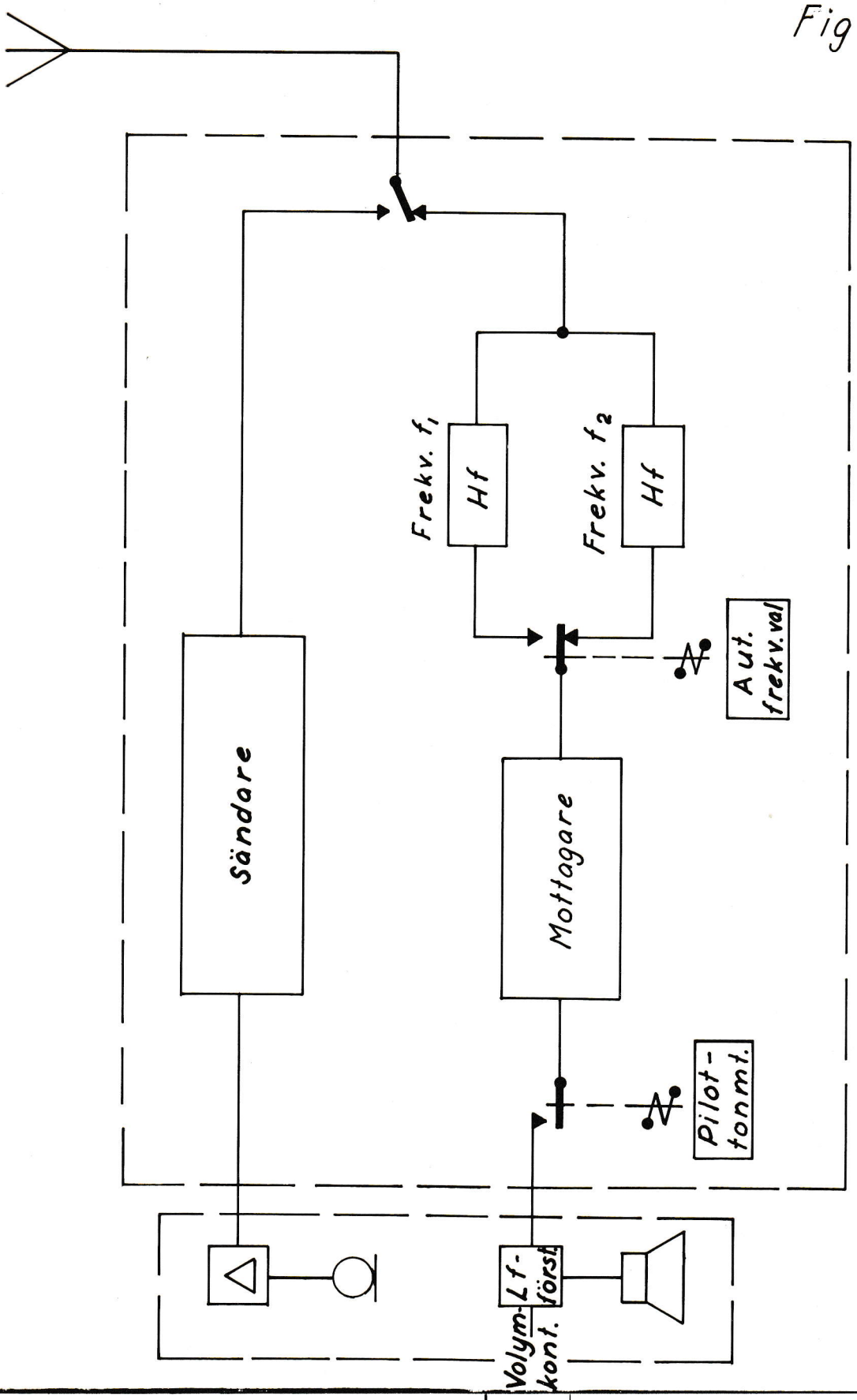
V-33724

Tol. för icke direkt toleranssatta mått enl. SMS 715 ..... Garanti	Skala	Rit. Be	Ändring
		Kontr.	Smst-ritn.
	Dat. 29/5 1968	Stand. gr.	Ersätter
		Godk.	Ersättes av

KV

Bl. 726

Fig 5.



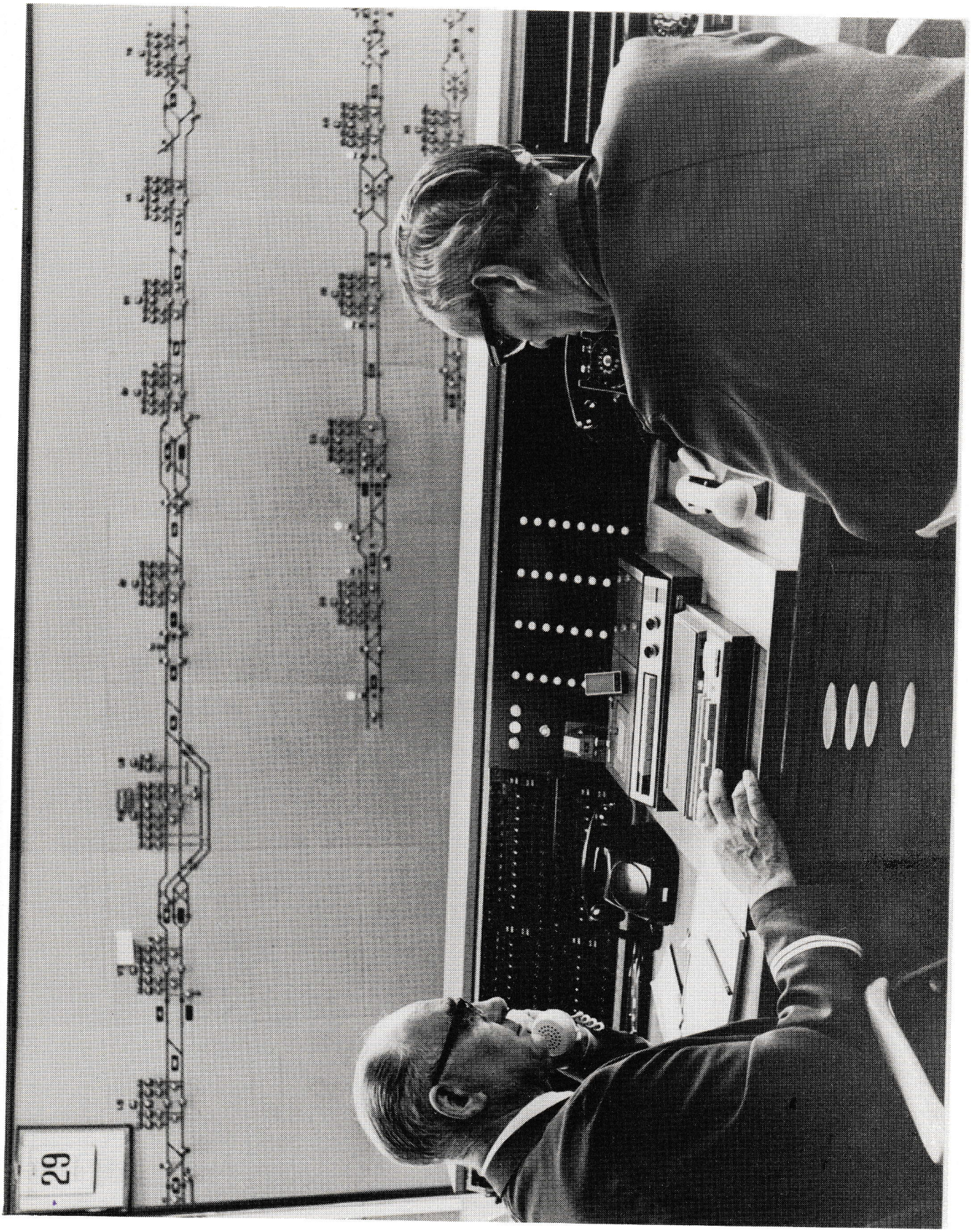
Tunneltågsradio
Blockschema för
mobilradiostation CQM 612

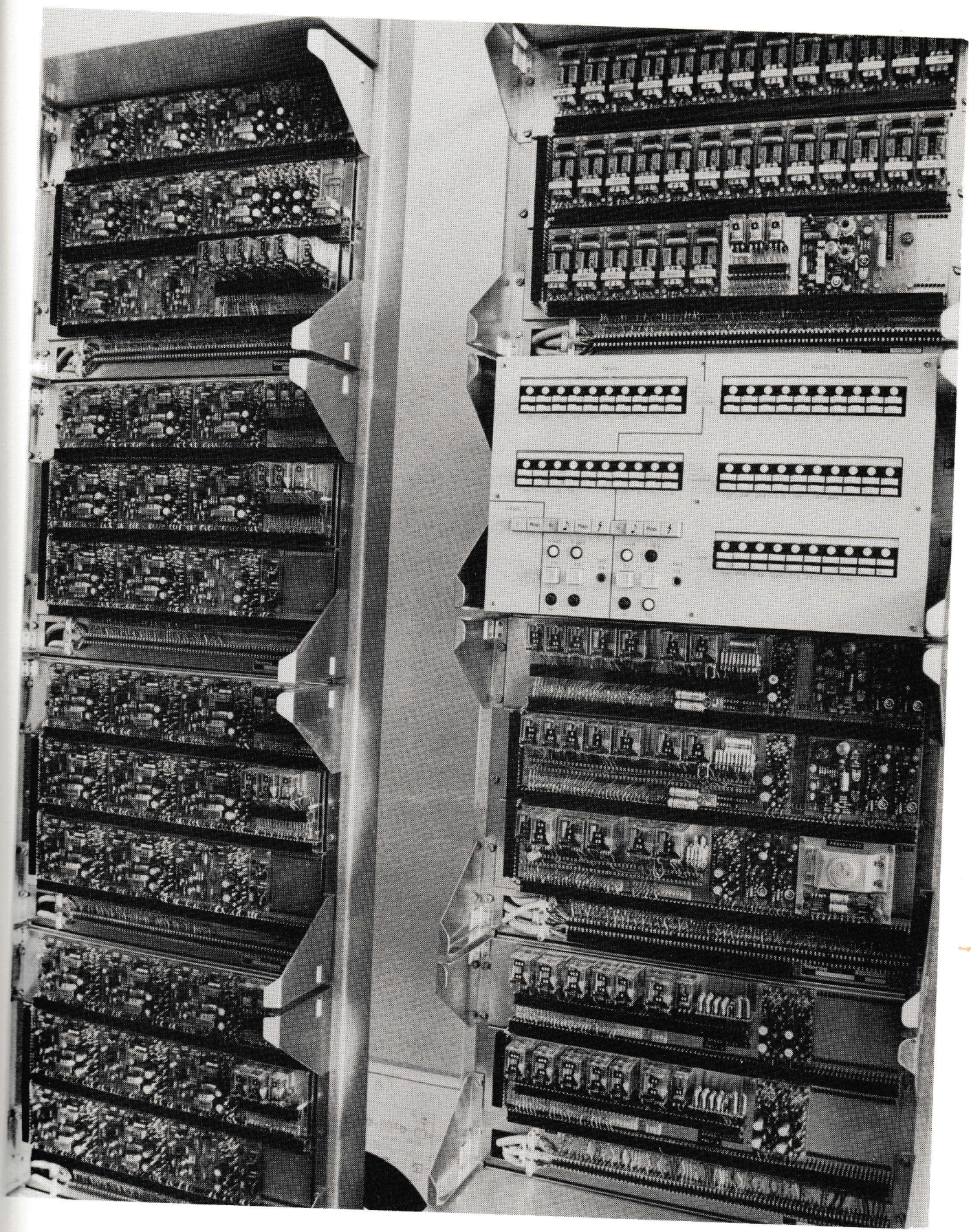
SL AB STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK

V-33723

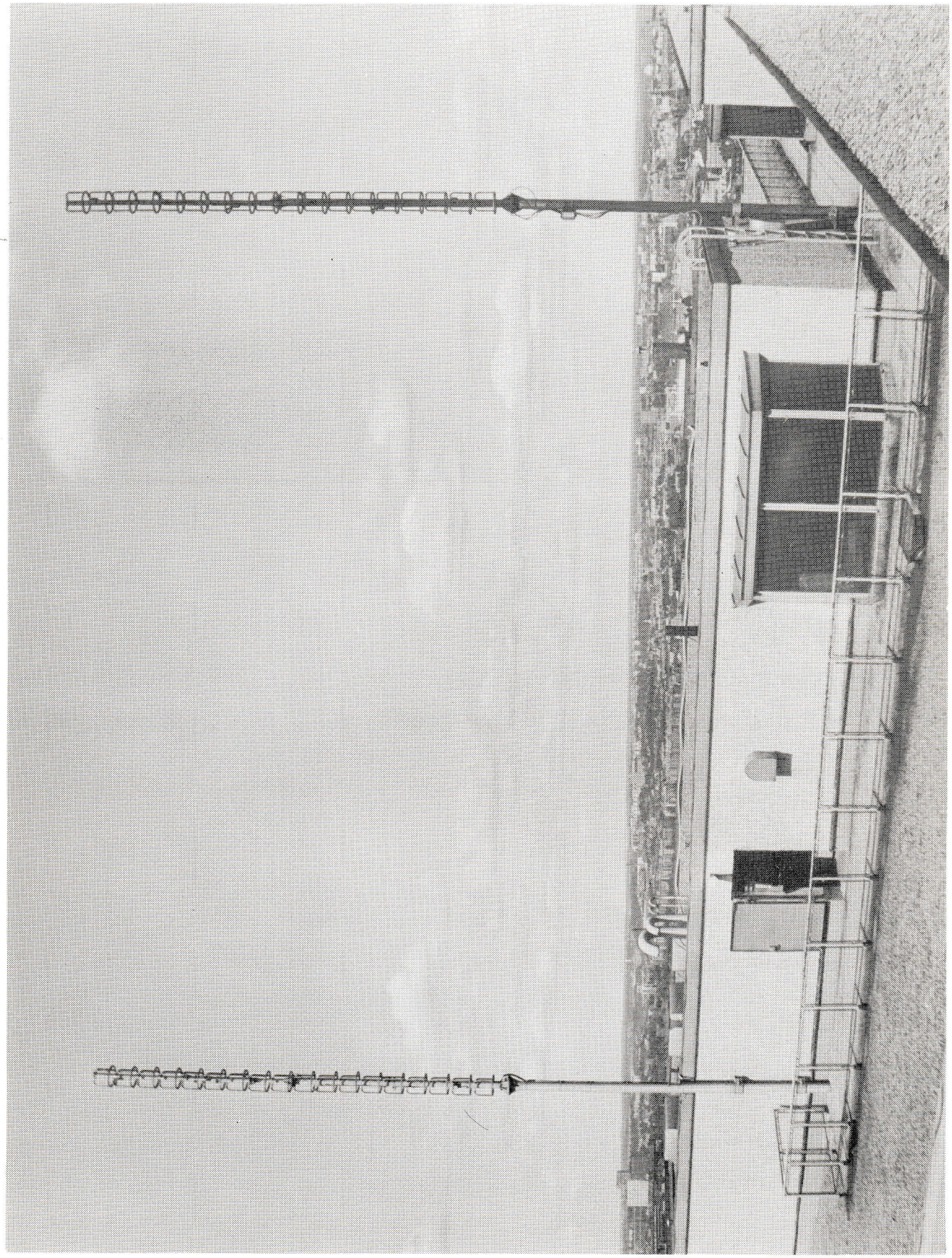
Tol. för icke direkt toleransmätta mått enl. SMS 715 ..... Garanti	Skala	Rit. Be	Ändring
		Kontr.	Smst-r.n.
	Dat. 28/5 1968	Stand. gr.	Ersätter
		Godk. BT	Ersättes av

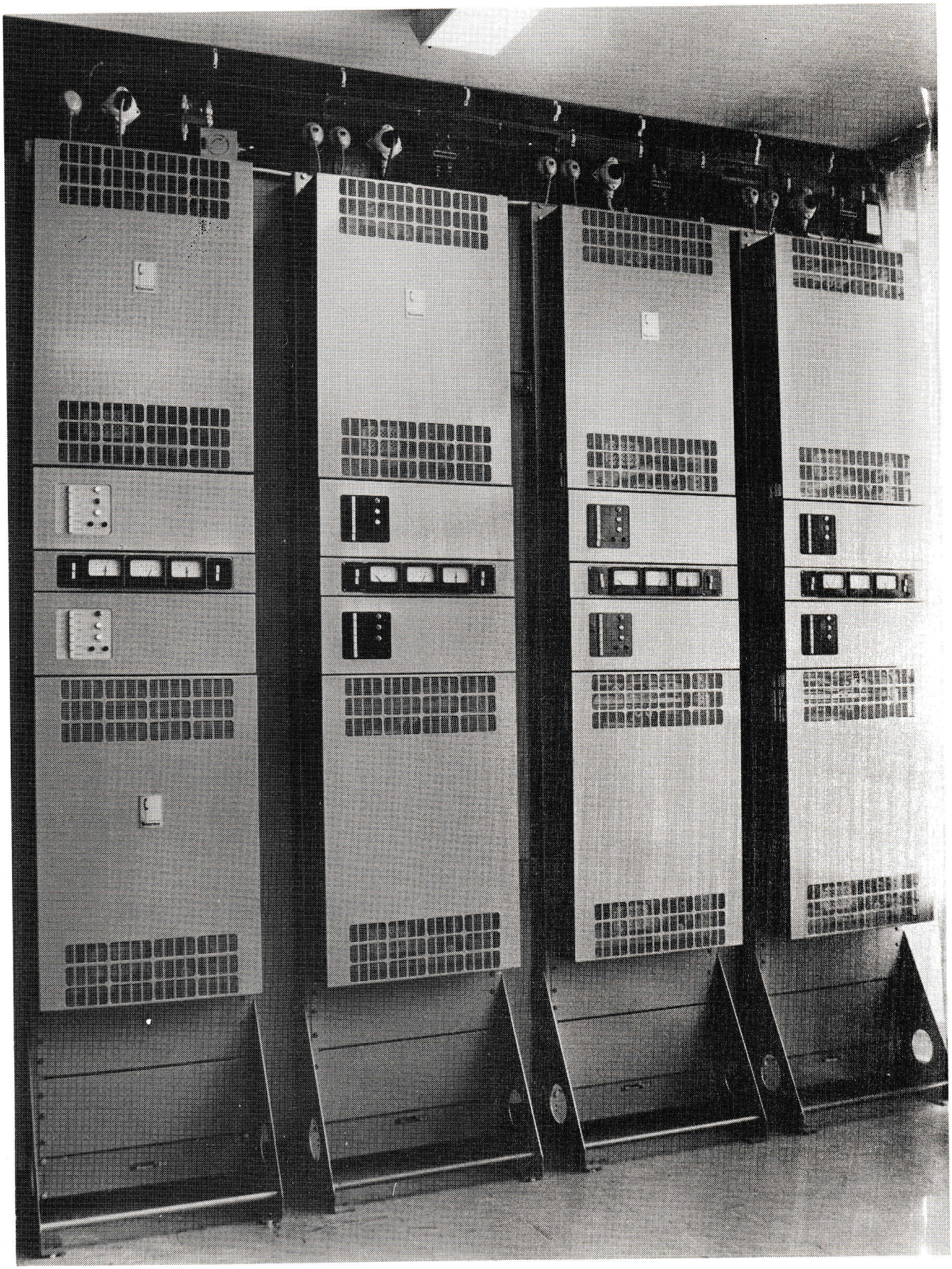
KV

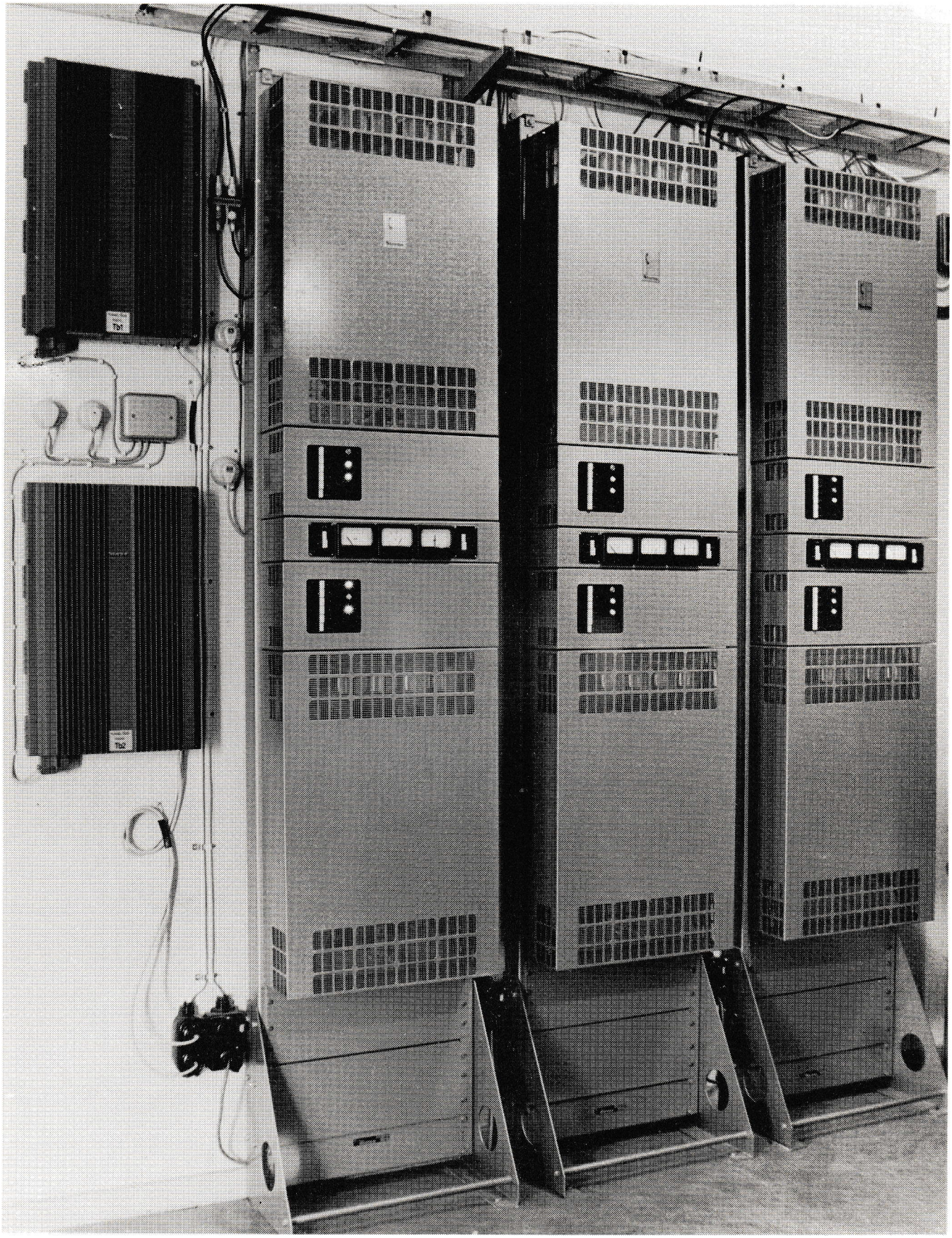

29

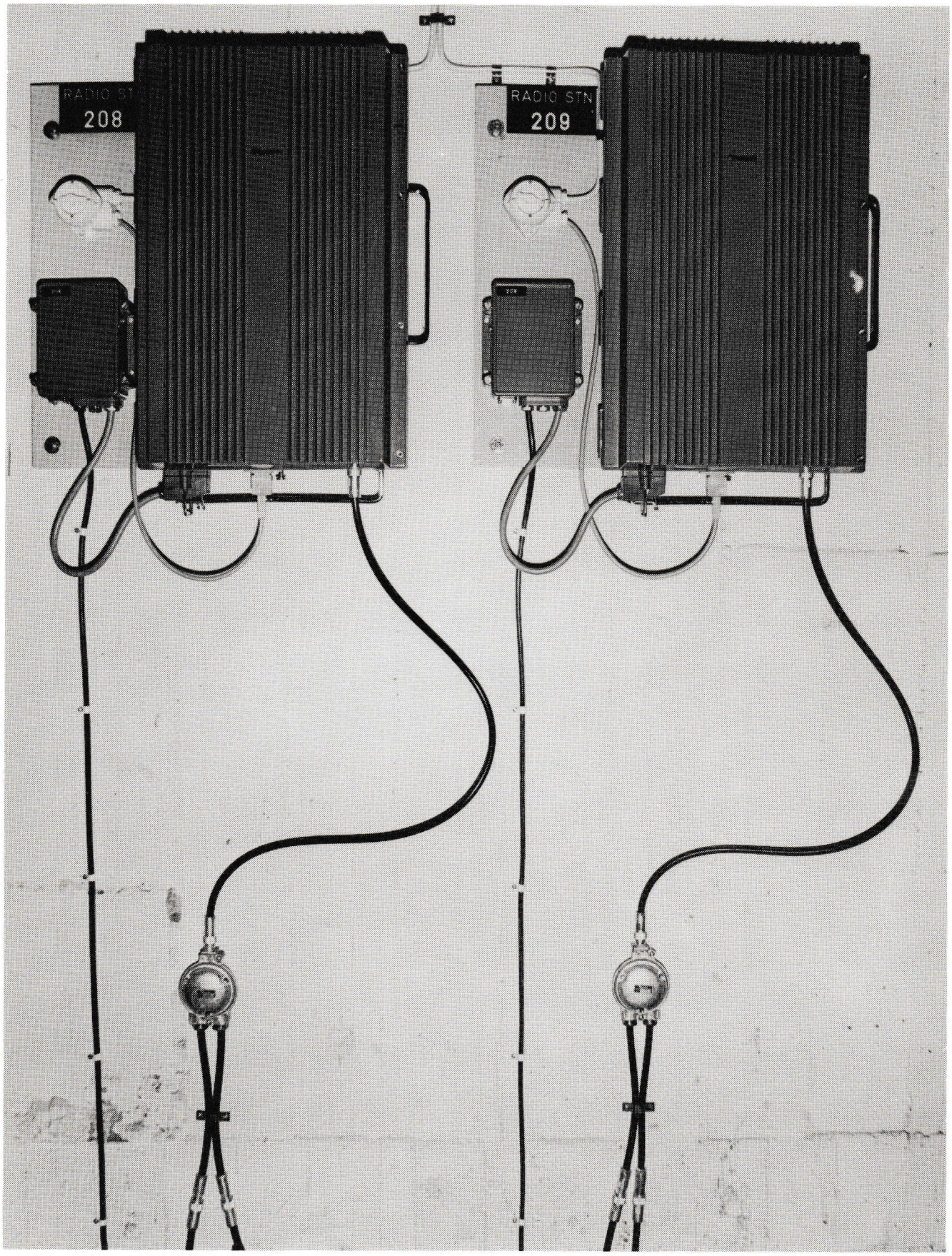


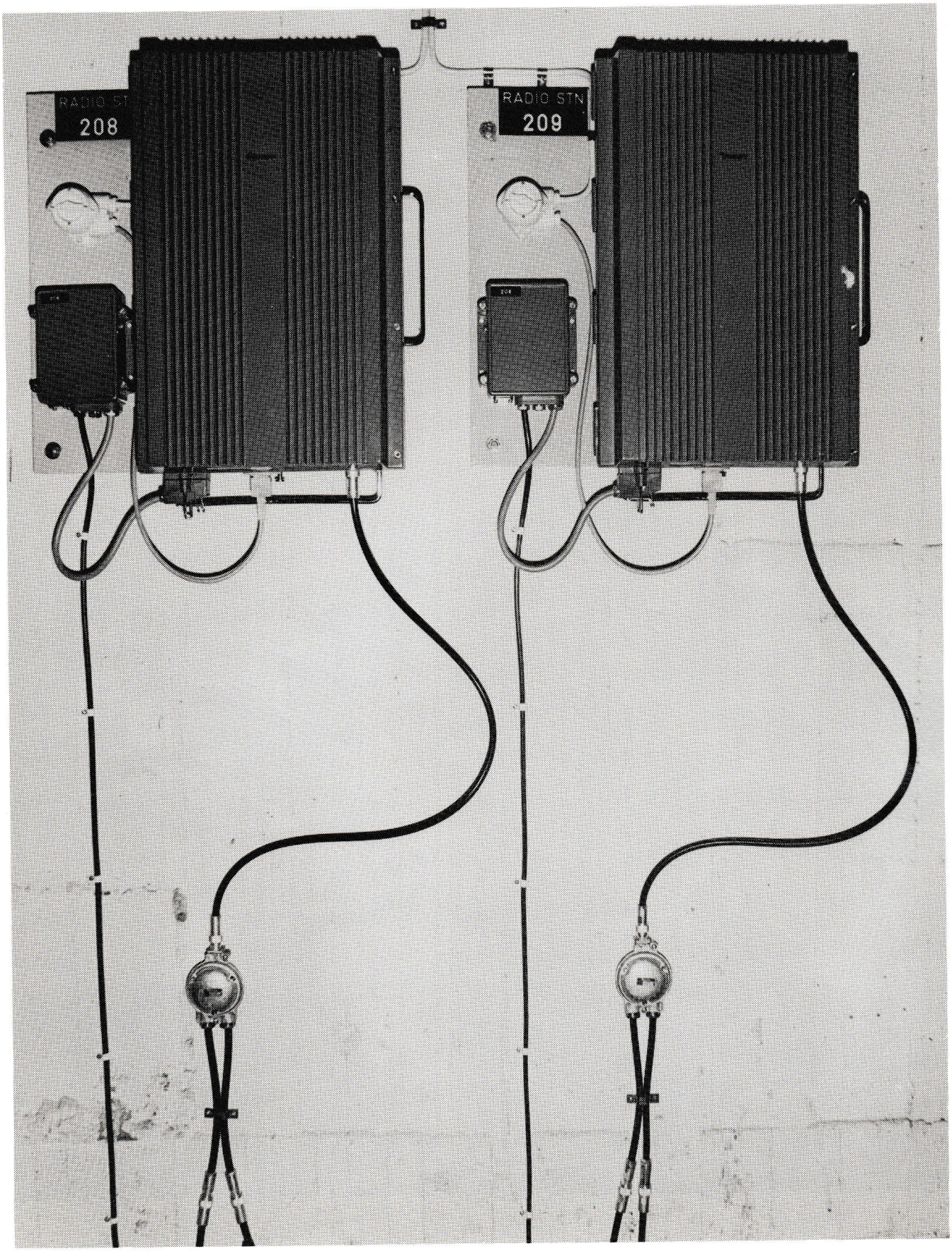
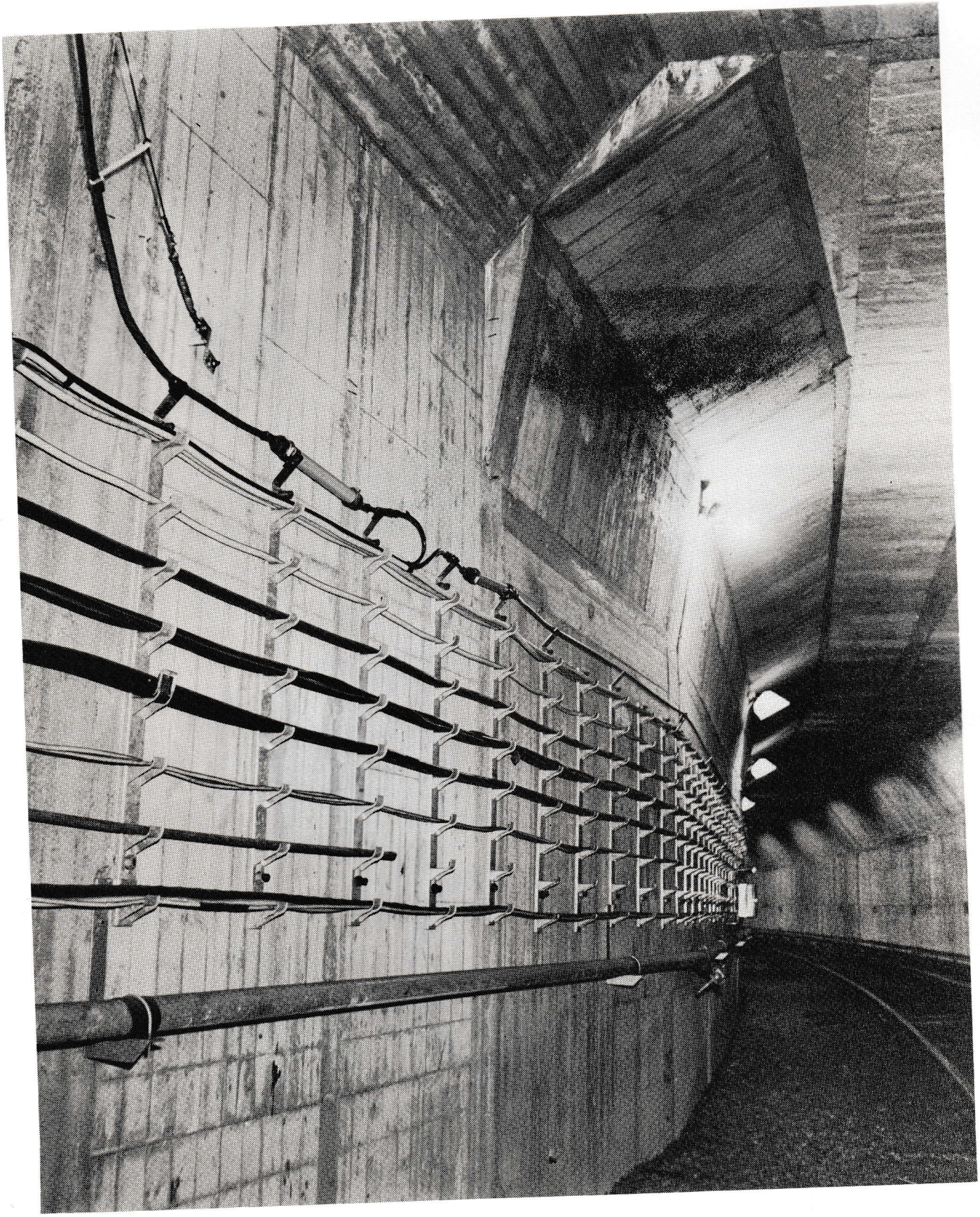
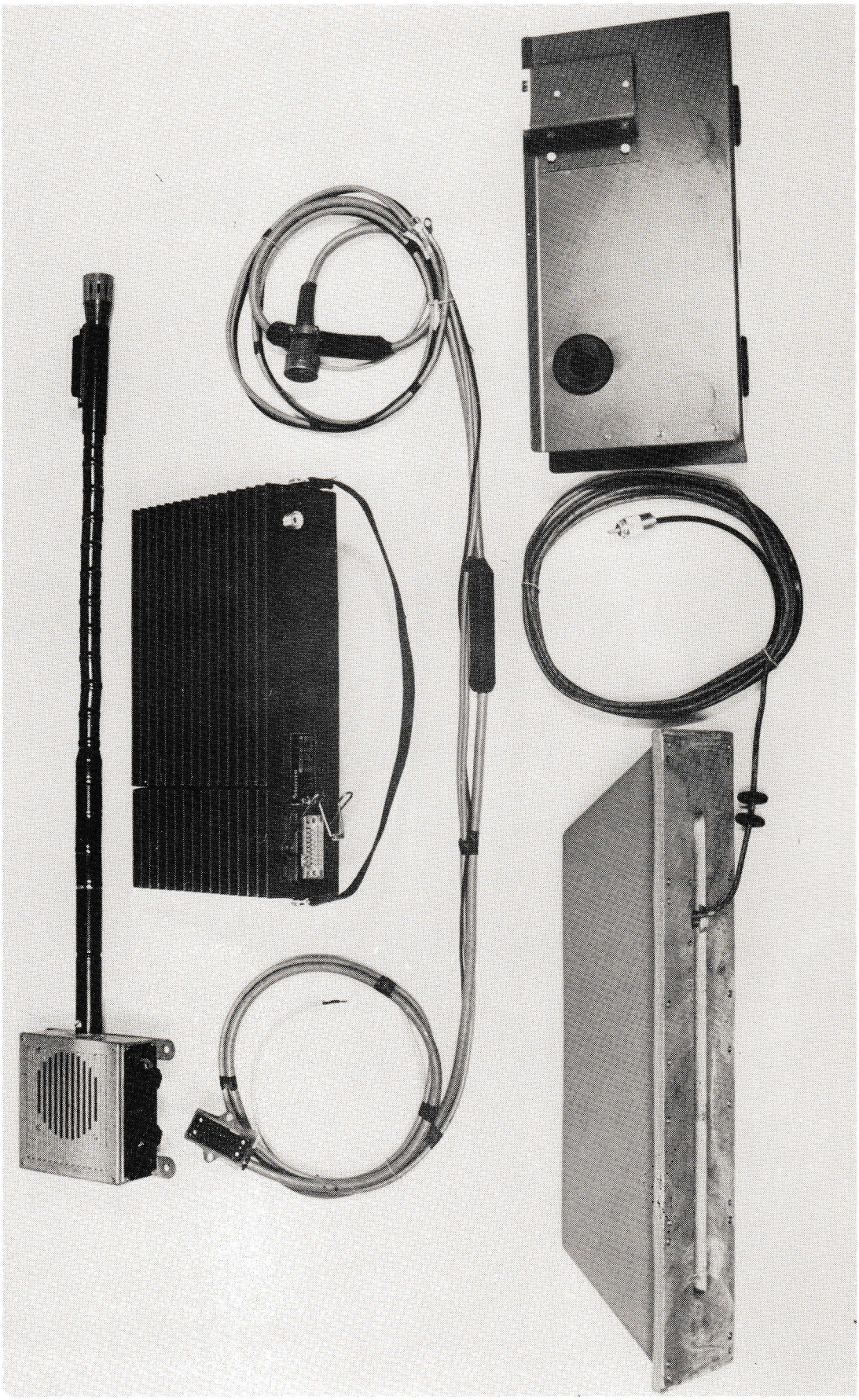
FORD








RADIO ST
208
RADIO STN
209


RADIO ST
208
RADIO STN
209