

STATENS JÄRNVÄGARS PUBLIKATIONER

UTREDNINGAR M. M. 1956 : 1

BETÄNKANDE

ANGÅENDE

DET TEKNISKA UTFÖRANDET AV
SIGNALANLÄGGNINGAR VID
STATENS JÄRNVÄGAR

DEL I

SPÅRLEDNINGSTEKNIK

AVGIVET DEN 20 AUGUSTI 1956 AV

1944 ÅRS SIGNALKOMMITÉ

Innehållsförteckning

| | Sid. |
|--|------|
| Skrivelse till Kungl. Järnvägsstyrelsen | 7 |
| Redogörelse för signalkommitténs uppdrag och arbetssätt | 11 |
| Rekommendationer för utförandet av spårledningar | 13 |
| 1. Allmänna förutsättningar | 13 |
| 2. Allmänna rekommendationer | 14 |
| 3. Rekommendationer rörande spårledningar i signalsäkerhetsanläggningar på bangårdar | 15 |
| 4. Rekommendationer rörande spårledningar i automatiska linjeblockanläggningar .. | 16 |
| 5. Rekommendationer rörande spårledningar i automatiska vägskyddsanläggningar .. | 17 |
| Sammanfattande redogörelse för kommitténs spårledningsundersökningar | 19 |
| 1. Inledning | 19 |
| 2. Spårledningens principiella uppbyggnad | 20 |
| 3. Spårledningens elektriska egenskaper | 23 |
| a) Spårledningens ledningskonstanter | 23 |
| b) Tågshunten | 26 |
| c) Isolationsmotstånd mellan räler och jord | 28 |
| d) Spårledningens beräkning | 30 |
| 4. Spårledningsstörningar | 35 |
| a) Förändringar i spårledningens konstanter eller apparatutrustning | 36 |
| b) Störningsströmmar | 37 |
| α) Jordmagnetiska strömmar | 39 |
| β) Banströmmar | 42 |
| γ) Inkopplingsströmstötter från elektrolok | 44 |
| c) Kombinerade störningar | 48 |
| α) Växelströmsspårledningar | 53 |
| β) Kodspårledningar | 55 |
| γ) Enkelisolerade, ändmatade likströmsspårledningar | 56 |
| δ) Dubbelisolerade, ändmatade likströmsspårledningar | 61 |
| ϵ) Enkelisolerade, mittmatade likströmsspårledningar med permappolariserade reläer | 64 |
| ζ) Dubbelisolerade, mittmatade likströmsspårledningar med permappolariserade reläer | 65 |
| 5. Olika spårledningstypers egenskaper och användbarhet | 66 |
| a) Signalsäkerhetsanläggningar | 68 |
| b) Vägskyddsanläggningar | 70 |
| 6. Störningsskydd | 72 |
| a) Skydd i matningsutrustningarna | 73 |
| b) Skydd i spårreläutrustningarna | 73 |

| | |
|---|-----|
| Bilagor | |
| Bil. 1. Undersökningar över störningar på spårledningar | 75 |
| 1. Spårledningarnas principiella anordning och verkningsätt | 75 |
| 2. Diskussion av strömarten för spårledningarna | 78 |
| 3. Störningar i spårledningskretsen, förorsakade av den normala banströmmen | 81 |
| 4. Störningar förorsakade vid inkoppling av lokomotivtransformatorn | 87 |
| 5. Jordmagnetiska störningar och deras inverkan på spårledningarna | 91 |
| 6. Samverkan av likströms- och växelströmsstörningar på en spårledning | 96 |
| 7. Rällbrott vid enfasbanor | 100 |
| 8. Störningar härrörande av läckströmmen mellan skensträngarna | 114 |
| Bil. 2. Undersökningar över storleken av den s. k. tågshunten vid av vagnar belagda spårledningar | 120 |
| 1. Inledande översikt | 120 |
| 2. Prov med likström vid Enköpings järnvägsstation den 14—15 mars 1946 | 122 |
| 3. Prov med likström vid Varbergs järnvägsstation den 24—25 april 1946 | 131 |
| 4. Prov med likström vid Kävlinge järnvägsstation den 15 maj 1946 | 137 |
| 5. Prov med likström vid Storumans järnvägsstation den 22—23 januari 1947 | 140 |
| 6. Prov med likström invid Hotings järnvägsstation den 26—27 februari 1947 | 142 |
| 7. Erfarenheter från Korrosionsnämndens långtidsförsök med omålade järnplåtar | 145 |
| 8. Tågshuntmätningar med likström vid de danska statsbanorna | 147 |
| 9. Prov med växelström vid Varbergs järnvägsstation den 14 december 1951 samt 24—25 januari 1952 | 148 |
| 10. Sammanfattning | 152 |
| Bil. 3. Inkopplingsströmstöten hos loktransformatorer och dess inverkan på därav berörda spårledningar samt på sugtransformatorernas dimensionering | 155 |
| 1. Allmän översikt av problemet | 155 |
| 2. Förutsättningar vid problemets behandling | 156 |
| 3. Härledning av uttrycket för inkopplingsströmstöten | 160 |
| 4. Behandling av ett konkret fall ($l' = 3$ km, $l'' = 1,5$ km) | 162 |
| 5. Kontroll av egenskaperna vid uppträdande inkopplingsströmstötningar hos sugtransformatorer, utförda enligt bestämmelser av 1/8 1952 | 174 |
| 6. Sammanfattning och slutsatser | 181 |
| Bil. 4. Statisk frekvenstransformering och dess användning inom spårledningstekniken | 186 |
| 1. Inledande översikt. Lämpliga värden på spårledningsfrekvensen | 186 |
| 2. Frekvenstransformator för 50/100 p/s | 188 |
| 3. Frekvenstransformator för 50/75 resp. 50/125 p/s | 205 |
| 4. Den statistiska frekvenstransformatorns användning inom spårledningstekniken | 211 |
| 5. Inverkan av variationer i primärspänningen på frekvenstransformatorernas driftegenskaper | 226 |
| Bil. 5. Vissa konstruktiva problem inom den elektriska spårledningstekniken | 230 |
| A. Tvåfasiga spårreläer av asynkronmotortyp (motorreläer) | 230 |
| 1. Allmän orientering över spårledningsproblemen, särskilt vid elektrifierade banor | 230 |
| 2. Olika typer av induktionsspårreläer samt deras för- och nackdelar | 232 |
| 3. Konstruktiva förutsättningar vid motorreläets utformning | 234 |
| 4. Utförda provreläer av trumtyp | 236 |
| 5. Utförda fältförsök på det fyrpoliga trumreläet | 240 |
| 6. Tvåfasparrelä av burrotortyp | 249 |
| 7. Kontaktdonets utformning | 259 |
| 8. Utväxlings- och lyftdon | 266 |
| 9. Spårledningsutrustning med tvåfasigt burrotorrelä och med statistiska frekvenstransformatorer för 50/100 p/s som strömkälla | 278 |
| B. Kodföljande likströmsspårrelä | 290 |
| 1. Generell beskrivning av utrustningen | 290 |
| 2. Närmare behandling av teorien för kodsändarens skyddsutrustning och dess inverkan på kodsändarkontakternas driftsäkerhet | 296 |
| 3. Det kodföljande reläet med tillbehör | 302 |
| 4. Det kodföljande reläets egensvängningstal i strömlöst tillstånd | 312 |
| 5. Reläets egensvängningstal i drift | 313 |
| 6. Strömförloppet i relärotorn vid stillastående rotor | 315 |
| 7. Inverkan av reläets svängningar på reläströmmens storlek | 318 |
| 8. Kodtransformatorn | 321 |
| 9. Det kodföljande reläets egenskaper vid påverkan av en banfrekvent störningsspänning | 324 |
| 10. Sammanfattning av erfarenheterna från utförda prov | 325 |
| C. Elektromagnetiskt tidrelä med relativt lång falltid | 328 |
| 1. Tidreläernas användning | 328 |
| 2. Olika typer av tidreläer med lång falltid | 329 |
| 3. De undersökta tidreläernas allmänna anordning | 331 |
| 4. Inkopplingsförloppet hos ett tidrelä enligt fig. 1 | 333 |
| 5. Undersökta reläer | 338 |
| 6. Inkopplingsförloppet för relä A 1 med $C = 12\ 000\ \mu\text{F}$ | 341 |
| 7. Inkopplingsförloppet för relä A 2 med $C = 12\ 000\ \mu\text{F}$ | 341 |
| 8. Inkopplingsförloppet för relä A 3 med $C = 12\ 000\ \mu\text{F}$ | 342 |
| 9. Inkopplingsförloppet för relä B med $C = 9\ 000\ \mu\text{F}$ | 343 |
| 10. Inkopplingsförloppet för relä C med $C = 6\ 500\ \mu\text{F}$ | 345 |
| 11. Lindningarnas dimensionering | 345 |
| 12. Elektrolytkondensatorernas egenskaper | 348 |
| 13. Alternativa kopplingsätt | 350 |
| 14. Sammanfattning | 352 |
| D. Reaktorer med låg förlustfaktor och deras användning i resonanskretsar som störningsskydd | 354 |
| 1. Översikt av de uppträdande störande växelspanningarna | 354 |
| 2. Resonanskretsar som störningsskydd | 355 |
| 3. Olika utföringsformer av de i resonanskretsarna ingående elementen | 355 |
| 4. Reaktorns dimensionering | 357 |
| 5. Tillämpningsexempel | 362 |
| 6. Reaktorns luftgap | 367 |
| 7. Sammanfattning | 370 |
| E. Växelströmsspårledningar med över likriktare matade spårreläer | 371 |
| 1. Allmänt | 371 |
| 2. Teoretisk behandling av den i fig. 1 visade kopplingen ($\lambda = 1$) | 373 |
| 3. Teoretisk behandling av det generella fallet, λ mindre än 1 | 379 |
| 4. Kontrollräkning av reaktorernas godhetstal i exempel 2 | 382 |

| | |
|---|-----|
| 5. Spänningar och strömmar vid spårets inmatningsända i exempel 2 | 384 |
| 6. Dimensionering av skyddskretsen L_0C_0 . Data på spårmatningstransformatorn | 385 |
| 7. Inverkan av banfrekventa störningsspänningar på spårledningens skyddskretsar och på dess driftsäkerhet | 387 |
| F. Åtgärder mot jordmagnetiska störningar i <i>hela</i> likströmsspårledningar för automatiska vägsignalanläggningar | 390 |
| 1. Problemets grunddrag | 390 |
| 2. För spårledningarnas rätta funktion gynnsamma omständigheter vid en vägsignalanläggning | 391 |
| 3. Olika anordningar att reducera jordströmmarnas störningsverkan | 394 |
| 4. Provningsresultat med den i fig. 2 schematiskt visade kopplingen (med hjälprelä) | 397 |
| 5. Provningsresultat med den i fig. 3 schematiskt visade kopplingen (utan hjälprelä) | 406 |
| 6. Slutsatser ur proven | 407 |
| Bil. 6. Beräkning av jordmagnetiska störningsspänningar i spårledningar | 409 |
| 1. Inledning | 409 |
| 2. Beräkning av spänning och ström i en sammanhängande rälsträng av godtycklig längd | 410 |
| 3. Beräkning av spänning och ström i en rälsträng, som är avbruten på mitten och oändligt lång på ömse sidor om avbrottsstället | 414 |
| 4. Beräkning av jordmagnetiska störningsspänningar över spårreläet i en enkelisolerad, ändmatad spårledning | 421 |
| 5. Beräkning av jordmagnetiska störningsspänningar i en dubbelisolerad, ändmatad spårledning | 422 |
| 6. Beräkning av jordmagnetiska störningsspänningar i en dubbelisolerad, ändmatad spårledning vid rälbrott i båda rälsträngarna | 429 |

Till Kungl. Järnvägsstyrelsen

Den 22 oktober 1943 beslöt järnvägsstyrelsen att tillsätta en delegation med uppgift att granska arbetsuppgifter och arbetsformer rörande signal- och säkerhetsväsendet inom SJ. Delegationen, som själv skulle utse sin sekreterare, bestämdes skola bestå av fyra personer. Dessa blevo distriktschefen E. Schütz, numera regeringsrådet Th. Thelander, byrådirektören T. Hård och signalingenjören F. Ekberg. Ordförandeskapet uppdrogs åt Schütz. Till sin sekreterare utvalde delegationen numera överingenjören Å. Karsberg.

Delegationen, som antog benämningen "SJ signaldelegation", föreslog i sitt den 30 juni 1944 avgivna betänkande bland annat, att en expertkommitté skulle tillsättas med uppgift att i tekniskt avseende studera signal- och säkerhetsväsendet vid SJ. Kommittén skulle därvid ägna speciellt intresse åt standardisering av signal- och säkerhetsanläggningar för små och medelstora stationer och av apparatkonstruktioner. Kommittén skulle dessutom om möjligt göra upp ett långsiktigt arbetsprogram för utbyggnad av signal- och säkerhetsanläggningar vid SJ. Beträffande kommitténs sammansättning framhöll delegationen, att i kommittén borde ingå representanter för signalteknisk och elektroteknisk sakkunskap inom SJ, för avancerad SJ utomstående elektroteknisk expertis samt för SJ trafikavdelning.

Den 24 november 1944 beslöt järnvägsstyrelsen att i enlighet med signaldelegationens förslag tillsätta en expertkommitté, vilken erhöi namnet "1944 års signalkommitté". Kommittén skulle verka väsentligen enligt signaldelegationens förslag. Den skulle dessutom ägna spårledningarna vid SJ vederbörlig uppmärksamhet. Till ordinarie ledamöter av kommittén kallades såsom representanter för signalteknisk och elektroteknisk sakkunskap inom SJ ovannämnda herrar Ekberg, Hård, Karsberg och Thelander samt numera avdelningsdirektören R. Edenius, såsom representant för SJ utomstående elektroteknisk sakkunskap professorn emeritus vid Kungl. Tekniska Högskolan E. Alm samt såsom representant för trafikavdelningen vid SJ överinspektören för säkerhetstjänsten F. Culmsee. Thelander utsågs till kommitténs ordförande och Karsberg till dess sekreterare. Till adjungerade ledamöter av kommittén kallades i januari 1945 numera byrådirektörerna O. Helmer och T. Lundberg.

I avseende på den ordinarie sammansättningen av kommittén ha till dags dato följande förändringar ägt rum.

Den 1 april 1946 inträdde nyutnämnde överinspektören för säkerhetstjänsten T. Smedberg i kommittén såsom ersättare för Culmsee, vilken dock, trots uppnådd pensionsålder, kvarstod som ledamot av kommittén intill den 15 november 1947. Vid

sistnämnda tidpunkt inträdde numera överinspektören B. Ulf i kommittén, i vilken han kvarstod till den 27 september 1950, då han på egen begäran lämnade densamma. Den 1 april 1951 utsågs numera signalingenjören B. Lejdström att vara ledamot av kommittén och att avlösa Karsberg såsom sekreterare. Den sistnämnde behöll likväl sitt ledamotskap. Den 15 juni 1953 slutligen ersattes Hård och Smedberg, som då hade avgått ur SJ tjänst, av sina efterträdare, ovannämnda herrar Lundberg och Ulf. Den sistnämnde återinträdde sålunda i kommittén.

För specialstudium av spårledningsproblemet fann kommittén det lämpligt att inrätta ett särskilt s. k. spårledningsutskott. Den 20 januari 1945 beslöt kommittén att till medlemmar av utskottet utse herrar Alm, Edenius, Helmer, Hård, Karsberg och Lundberg.

För särskild utredning av vissa andra frågor ha följande personer varit tillkallade, nämligen telegrafingenjören P. Parding och numera stationsinspektören E. H. Björklund för behandling av frågan om anordnande av spårledningar, automatisk tågvägsförregling och utfartssignaler på stationer, numera telegrafingenjören A. Petersén för diskussion av frågan om akustisk tågankomstsignalering, trafikinspektören A. Winberg för överläggningar rörande ställverks- och linjeblockeringsfrågor samt byrådirektören S. Svensson för matematisk behandling av spårledningsproblemet.

Kommittén har haft förmånen att få samarbeta icke blott med de nu nämnda experterna utan även med andra sakkunniga personer såväl inom som utom statsbaneföretaget. En uppräknning skulle föra alltför långt. Kommittén vill emellertid särskilt framhålla det synnerligen värdefulla bistånd, som lämnats av chefen för Kungl. Sjöfartsstyrelsens jordmagnetiska sektion, fil. dr N. Ambolt, liksom det utvecklingsfrämjande intresse, varmed kommitténs delvis mycket komplicerade undersökningar omfattats av representanter för ett antal svenska företag och institutioner såsom Svenska AB Gasaccumulator, Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, AB Ecliptic, AB Elektrolux, L. M. Ericssons Signalbolag, Kungl. Tekniska Högskolan och Televerket. Kommittén står sålunda i tacksamhetsskuld till ett stort antal medarbetare, vilkas kunskaper, erfarenheter och tekniska resurser utgjort en ovärderlig tillgång.

Kommittén har hittills hållit 56 plenarsammanträden samt härutöver ett stort antal gruppsammanträden. Av plenarsammanträdena ha 10 förenats med studiebesök. Vid dessa ha signal- och säkerhetsanläggningar av skilda slag studerats såväl vid SJ som vid Stockholms Spårvägar, Roslagsbanan samt de norska och danska statsbanorna. Sommaren 1953 avlade dessutom herrar Thelander och Karsberg ett besök i Schweiz för att åt kommittén införskaffa uppgifter om bl. a. den därstädes bedrivna utvecklingen av reläfabrikation och av anordningar för automatiskt tågstopp, varvid Schweizerische Bundesbahnen, Integra AG i Wallisellen och Hasler AG i Bern besöktes. Även för de på detta sätt inhämtade upplysningarna känner sig kommittén stå i tacksamhetsskuld till vederbörande.

Föreliggande skrift, som utgör en första del av kommitténs betänkande, har ägnats åt det vittomfattande spårledningsproblemet. Orsaken till att kommittén skjutit detta

i förgrunden framgår av efterföljande redogörelse för kommitténs uppdrag. Det framgår även av denna redogörelse, att behandlingen av problemet blivit tidskrävande på grund av dess komplicerade natur, det delvis utforskade sammanhang, i vilket det måst infogas, samt tvånget att utarbeta och utprova nykonstruktioner.

Detta delbetänkande har ingående behandlats av kommittén in pleno. Det utgör ett samlat uttryck för den mening, åt vilken kommittén vid slutjusteringen velat giva enhälligt uttryck.

Delbetänkandet har i avseende på de tekniska bilagorna utarbetats dels och till övervägande delen av professor Alm, biträdd av ingenjörer på järnvägsstyrelsens elektrotekniska byrå, dels av herrar Lejdström och S. Svensson. Uppgiften att sammanställa utredningsresultaten har påvilat Karsberg, som därvid samarbetat med sistnämnda båda herrar. Karsberg har härvid bl. a. genomfört den analys av störningskombinationerna, varpå kommitténs slutliga ställningstagande grundats.

I ett planerat andra delbetänkande ämnar kommittén behandla frågor, samhörande dels med utförandet av säkerhetsanläggningar för små och medelstora bangårdar, dels — i den mån kommittén anser detta påkallat — med automatisk tågkontroll. Då kommittén, enligt förutsättningarna för dess tillkomst, skall fungera icke blott såsom ett tillfälligt utredningsorgan utan även som en rådgivande institution, är kommittén emellertid beredd att till behandling upptaga också andra säkerhetsfrågor, om och när en sådan ytterligare insats av kommittén skulle anses lämplig.

Stockholm den 20 augusti 1956.

Th. Thelander

Emil Alm R. Edenius F. Ekberg Olof Helmer

Åke Karsberg S. B. Lejdström T. Lundberg Bo Ulf