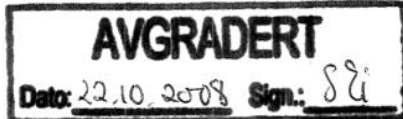


FPI Avd T
Intern Rapport T-175
Referanse: 110-Jobb 120
Dato: September 1958
FORTROLIG

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT

— Biblioteket — N-550
Kjeller 2. et

FORTROLIG



UNDERSÖKELSE AV HALVSYNKRONT CHIFFRERINGSAPPARAT ETCRRM
FOR FJERNSKRIVERE

&v

K Endresen

Godkjent
Kjeller 13 september 1958

B. Storm
B Storm
Fung forskningssjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 1084 Oslo
Norway

FORTROLIG

UNDERSÖKELSE AV HALVSYNKRONT CHIFFRERINGSAPPARAT ETCRRM FOR
SEMI-SYNKRONT

SUMMARY:

The various probabilities of losing synchronism between the enciphering and deciphering tapes in a modified ETCRRM are investigated. It is concluded that the new version permits operation even under poor signal-to-noise conditions. (Examination of a semisynchronous electronic teleprinter cryptographic equipment).

OSYNKRON ETCRRM

Det tidligere system arbejder efter start-stopp-prinsippet. Når der på båndet er en kodelinje som mates frem i takt med meldingen, hvis enten denne foreligger i form af en strimmel som avleses af en maskinsender eller meldingen kommer fra en fjernskriver. Melding og kodelinje sammenlignes element for element, og der sendes til linjen MARK dersom begge elementer er like, og SPACE hvis elementene er ulike. De udsendte tegn er vanlige fjernskrivertegn hvor hvert tegn har en start-puls, 5 informationspulser (som er utydbare for en udenforstående som ikke er i besiddelse af kodelinje) samt en stopp-puls.

Mottageren har en identisk kodelinje. Denne mates frem element for element for hvert tegn som ankommer. Det chiffrerte tegn sammenlignes igjen element for element med kodelinjen. Hvis meldingen dechiffreres efter samme kriterium som chiffreringen ble foretatt.

Om kodelinjene er kodet fullstendig random, er det en forutsetning at de to strimler løper identisk likt. En forutsetning er at ett eller flere tegn ödelegger dechiffreringen komplett.

Mulighet for element- og bokstavfeil

Såfremt det ikke finnes støy på sambandet, vil det selvfølgelig heller ikke opptre feil i meldingen eller i chiffreringen.

ringssynkronismen, dersom det da ikke foreligger apparatfeil. Støy er imidlertid alltid tilstede i en eller annen form, som tilsiktet eller utilsiktet interferens, eller som menneske- laget eller naturlig støy. Vi vil her bare ta for oss det siste tilfellet, og forutsatte at støyen er fullstendig ran- den og har et bredt frekvensspektrum.

Sammenhengen mellom signal/støyforhold og elementfeilsannsyn- lighet avhenger av modulasjons- og demodulasjonssystemet, og er i de senere år viet en del interesse i litteraturen. For alle støyforhold skild gjengis i figur 1.1 og 1.2 teoretiske feil sannsynligheter for en rekke tilfeller, under forutset- ning av stabilt signal (figur 1.1) og av fadende signal (figur 1.2) (1). I de viste figurer er forutsatt at det demodulerte signal samples av en kort puls.

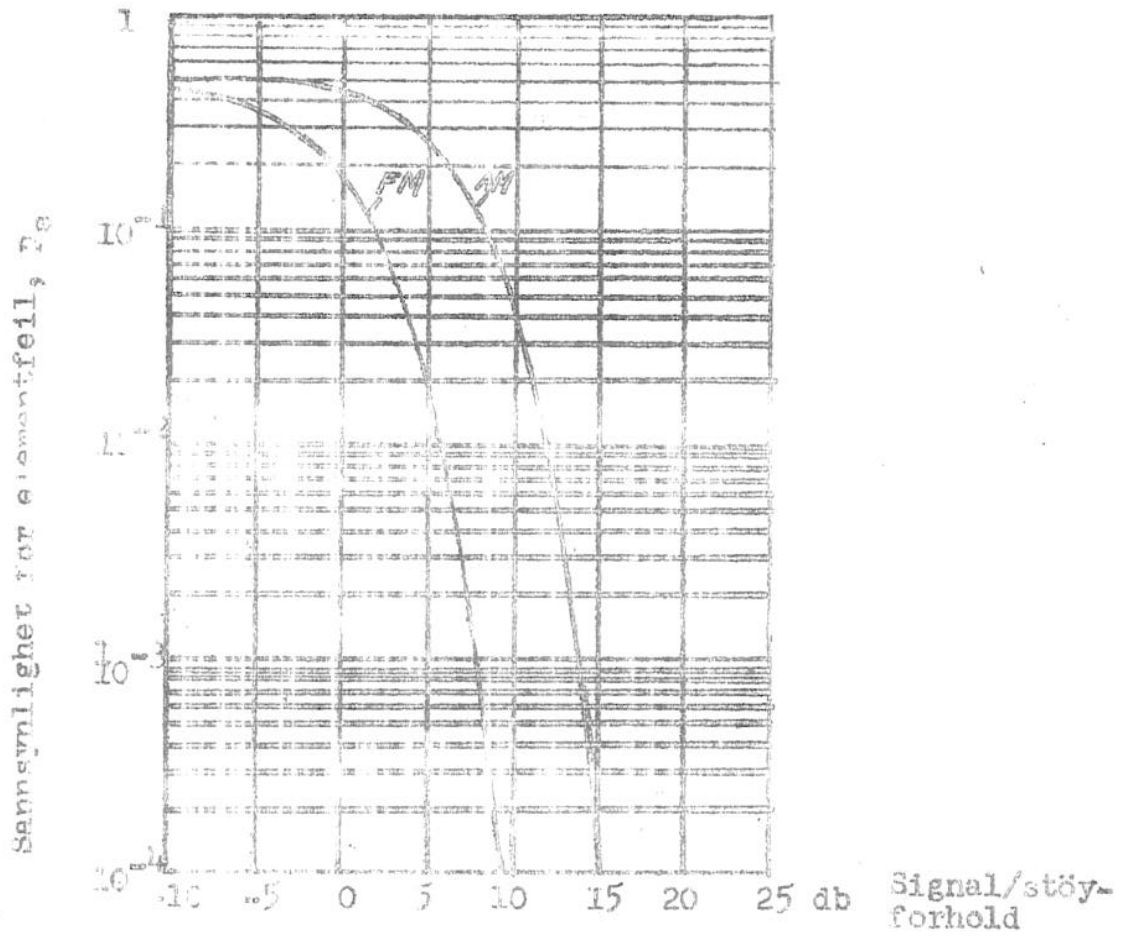
Enser av disse figurene f eks at dersom man forlanger en elementfeilsannsynlighet p_e under 10^{-4} kreves det ved ikke-fadende signal et signal-støyforhold bedre enn 9 db ved FM (frekvensskifttelegrafi) og 15,5 db ved AM. Ved fadende signal kreves henholdsvis 37 og 47 db. Når det bare er støy, er $p_e=0,5$, idet MARK og SPACE er like sannsynlige.

I et fjernskrivevertegn er det 5 elementer. Sannsynligheten P_{feil} for at et eller flere av disse er feil, er gitt ved

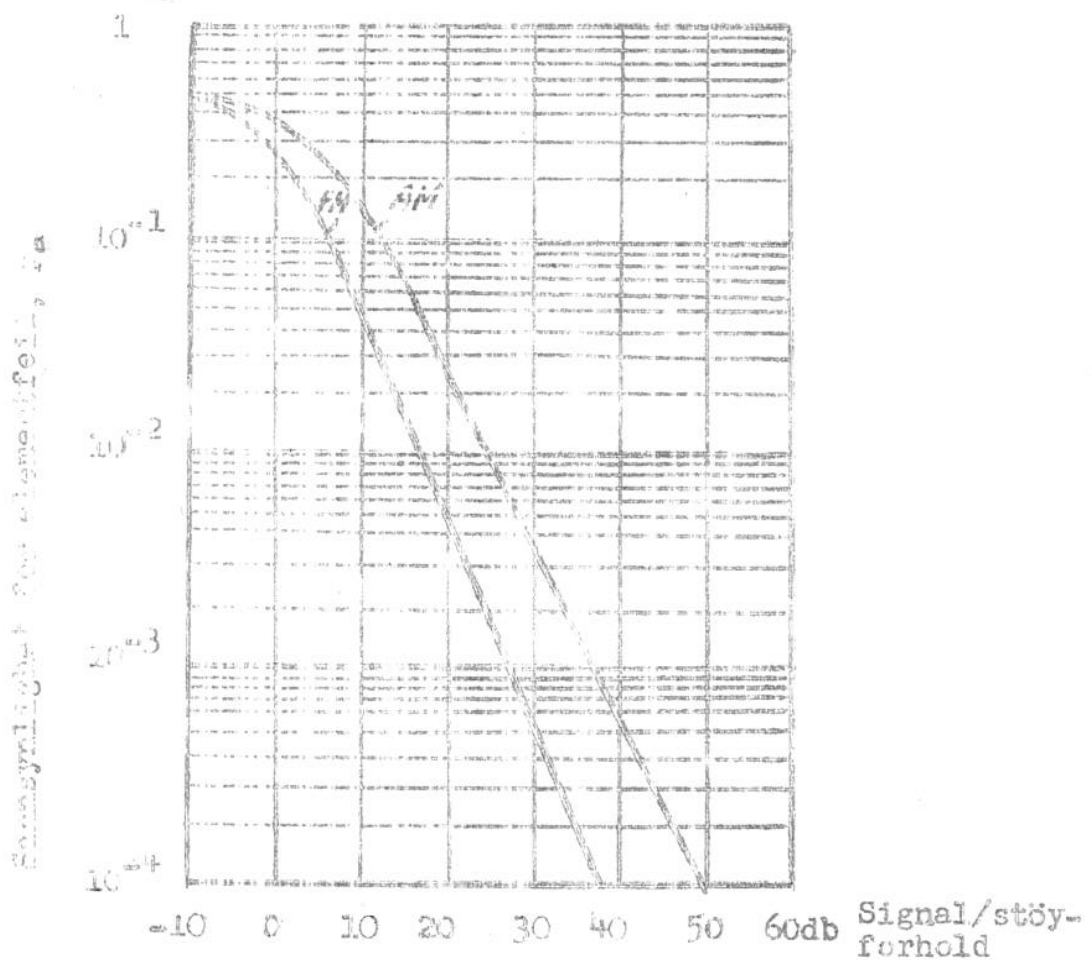
$$P_{\text{feil}} = 1 - (1 - p_e)^5 \approx 5 p_e \quad (1.1)$$

Denne relasjon gjelder kun for et fullsynkronisert system og altså ikke ved start-stopp. Ved et start-stopp-system kommer det bokstavfeil også dersom startpulsen svekkes. Da starter mottageren opp på første MARK-SPACE-overgang, og for den at det angjeldende bokstav blir feil, kan feilen for- plantes videre. Hvor langt feiler forplanter seg, er avhengig av den statistiske fordeling av elementene. Tilgjengelige tall angir at sannsynligheten for feil ved start-stopp-systemer er omtrent 3 ganger så stor som ved synkronsystemer ved gode forhold.

For en fjernskrivermelding i format A4 er det vel 2000 fulle fjernskrivevertegn. For et synkronsystem vil 1 feil pr side tilsvare $P_{\text{feil}} = 10^{-4}$, for et start-stopp-system en mindre verdi av P_{feil} . Dette er omtrent de krav som stilles av SHAPE for et seattersystem. Hvor mange feil man i praksis kan tolerere, er



Figur 1.1 Elementfeilsannsynlighet, ikke fadende signal



Figur 1.2 Elementfeilsannsynlighet, fadende signal

er også eksponensialfordelt etter ligning 1.2. Sannsynligheten for at det skal inntreffe med en gang- dvs i løpet av første elementperiode $T_e = 0,02$ sekunder- er p_e , og man finner

$$p(t) = 1 - e^{-50 p_e t} \quad (1.5)$$

Det er 50% sannsynlighet for falsk startpuls i tiden

$$t'_{50} = 0,014 \frac{1}{p_e} \quad (1.6)$$

Denne tid blir så kort at den antagelig for praktiske formål alltid kan la systemet stå i klartekst-stilling i pausene.

Beregningene under 1.1 - 1.3 har forutsatt et balansert system, hvor sannsynligheten for at et MARK-element skal gå over til SPACE er like stor som for den omvendte overgang.

2.0 DET MODIFISERTE SYSTEM

I det nye system må chiffersending foretas med automatsender. Det er videre innført en rekke forandringer.

2.1 Startkriterium

Ved start blir de 5 første tegn ikke chiffert, men skrives i klartekst på mottagende fjernskriver. Sender og mottagers kodestrimler starter først opp når det er mottatt 5 påfølgende startpulser med riktig tidsavstand. (Dette medfører at man i chifferstilling kan skrive i klartekst fra fjernskriver dersom man passer på å skrive så langsomt at startkriteriet ikke er oppfylt).

For å oppnå at systemet kan brukes ved de forskjellige forekommende hastigheter innen toleransemarginen for maskinsendere, er mottageren utstyrt med kretser som den første tid automatisk innjusterer mottagerens tegnperiode ved relativt kort tidskonstant. Etter denne fase økes tidskonstanten. På både sender- og mottagerside er det kretser som jevner ut hastighetsfluktasjonen ved fasekorleksjon. En fullstendig beskrivelse av disse kretsene er ikke tilgjengelig i det øyeblikk denne rapport skrives.

I det følgende blir utstyret analysert under idealiserte forhold.

2.1.1 Underslag av korrekt start

Med en elementar sannsynlighet p_e er sannsynligheten for at systemet ikke skal starte korrekt, tilnærmet gitt ved

$$P_{\text{Skjev start}} \approx 1 - (1-p_e)^5 (1-p_e)^4 (1-p_e)^{6 \cdot 5} \approx 15,5 p_e \quad (2.1)$$

idet alle 5 startpulsar må gjengis korrekte, der må ikke være noen tilsynelatende startpuls ved tidspunktene T_b , $2 T_b$, $3 T_b$ og $4 T_b$ regnet bakover, og der må heller ikke forekomme falsk startpuls i de 6,5 elementlengder som ligger forut for den første korrekte puls.

Denne feilsannsynlighet er derfor blitt nærmest 15,5-doblet i forhold til det tidligere system. Tabell 2.1 antyder hvilke sannsynligheter man her har med å gjøre.

Tabell 2.1

Underslag av korrekt start

Sannsynlighet for elementfeil		10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	$1,6 \cdot 10^{-1}$
Sannsynlighet for skjev start	Tidligere system	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	$1,6 \cdot 10^{-1}$
	Modifiserte system	$15,5 \cdot 10^{-4}$	$15,5 \cdot 10^{-3}$	$15,5 \cdot 10^{-2}$	$25 \cdot 10^{-1}$

Disse sannsynligheter innsees å være meget små, selv ved $p_e = 1,6 \cdot 10^{-2}$, tilsvarende en feil pr 2 ord vil starten være korrekt i 75 av 100 tilfeller. I 25 av 100 tilfeller vil mottagerens kodestrimmel ligge et eller flere tegn forskjøvet.

2.1.2 Sannsynlighet for selvstart

Sannsynligheten for å få en falsk start i løpet av tiden t er også i det modifiserte system eksponensialfordelt. I en tid t er antallet mulige 5-tegns sekvenser gitt ved

$$N = 7,5 \cdot \frac{t}{5T_b}$$

hvor T_b er tegnlengden, og faktoren 7,5 kommer inn fordi en sekvens kan begynne hvor som helst i en tegnperiode. Sannsynligheten for at en utvalgt sekvens skal gi årsek til start er p_e^5 , og midlere antall feil i tiden t er derfor gitt ved

$$n = 7,5 \frac{t}{5T_b} p_e^5$$

Midlere avstand mellom feilene er da

$$t_m = \frac{t}{n} = \frac{T_b}{1,5} \cdot p_e^{-5} = 0,1 p_e^{-5} \quad (2.2)$$

og sannsynligheten for å få en feil i løpet av tiden t gis av

$$p^n(t) = 1 - e^{-10p_e^5 t} \quad (2.3)$$

I løpet av tiden t''_{50} er det 50% sjanse for at systemet skal starte på grunn av støy:

$$t''_{50} = 0,07 \tau_e^{-5} \quad (2.4)$$

Som eksempel antas $p_e = 1,6 \cdot 10^{-2}$, hvilket gir $t''_{50} = 7,10^9$ sekunder, d v s noe over 2 år.

2.2 Stopkriterium

Når mottagersystemet er kommet i gang, genererer det sine egne startpulser på basis av måling av tidsevstander mellom de foregående mottatte startpulser. Som før nevnt justerer systemet seg inn med relativt kort tidskonstant den første tiden. Tidskonstanten øker etterhvert. Hvis sambandet faller ut, eller startpulsene av en eller annen grunn uteblir, fortsetter systemet selv å generere startpulser.

Når startpulsene uteblir, telles det manglende antall pulser opp av et telleverk. Når telleverket er nådd et på forhånd valgt tall N, stanses mottageren. Dersom det i løpet av telleperioden inntreffer 2 påfølgende startpulser (riktige eller falske) nullstilles telleren. Hvis sambandet faller ut på grunn av fading, men fadingen er kortere enn den maksimale telleperiode, er derfor systemene fortsatt synkronisert.

På sendersiden har man et tilsvarende telleverk, slik at kodesstrømmen netes frem N trinn når sendingen stanses.

2.2.1 Falsk stopp

Tallet N kan være f eks 32 eller 64. Sannsynligheten for at støy skal generere en så lang sekvens med feil, er for alle praktiske formål null.

Derimot foreligger det en mulighet for at støyen under en normal stoppreperiode genererer to påfølgende startpulser slik at man får en falsk tilbakestillingsordre til telleverket. Sannsynligheten for at dette skal skje i løpet av en tid t er gitt ved

$$p''(t) = 2e^{-2t/\tau_e} \frac{t}{\tau_e^2} \quad (2.5)$$

og det er 50% sjanse for at det skjer i tiden t''_{50} hvor

$$t''_{50} = 0,018 \tau_e^{-2} \quad (2.6)$$

Ved $p_e = 10^{-4}$ finnes $t_{50}^{III} = 28 \cdot 10^5$ sekunder $\approx 3,5$ døgn mens et dårlig samband med $p_e = 1,6 \cdot 10^{-2}$ gir $t_{50}^{III} \approx 700$ sekunder.

Hvis telleverket er innstilt på N , d v s $t = 0,15 N$ sekunder, fåes sannsynligheten for underslag av scopy

$$p^{III}(N) = 1 - e^{-3,75 p_e^2 N} \quad (2.7)$$

som for $N = 64$ og det dårligste samband med $p_e = 1,6 \cdot 10^{-2}$ gir $p^{III}(64) = 6\%$.

Nå kan feil i stopp-perioden også inntreffe ved at støyen underslår siste normale stopp-puls. Den totale sannsynlighet for fusk er derfor

$$p^{III}(N) \approx p_e + p^{III}(N) = p_e + 1 - e^{-3,75 p_e^2 N} \quad (2.8)$$

som for det dårligste samband gir en fuskensannsynlighet på 7,6%.

2.2.2 Utfall av synkronisme

Det er for lite kjent om systemet til at en teoretisk kan vurdere hvor lang en avbruddsperiode kan være før man mister synkronismen. En full teoretisk analyse vil antagelig i alle fall være umulig. Man kan bare foreløpig gjøre noen rent generelle betraktninger.

I startperioden og i begynnelsen av sendingen, ca 15-30 sekunder ved den forelagte modell, etableres som nevnt synkronismen med relativt kort tidskonstant. Etter denne periode er tidskonstanten større, d v s systemet tregere. La oss anta at sambandet fader ut etter at denne innledende fase er over. Oppførselen av systemet er da noe avhengig av sambandets type. Ved en-tone systemer uten AVC, likestrøms-samband samt samband med squelch-kontrol vil perioden drive i en retning, og den største tid for synkronismen tapes, bli bestemt av tidskonstantene.

For slike samband hvor støyen overtar når signalet fader ut, fåes en og annen tilsynelatende riktig startpuls. Systemet prøver da å synkronisere på disse, og forløpet vil få utglattede fluktuasjoner.

Hvis utføringen skjer før systemet er stabilisert, blir tiden for synkronisme tapes, redusert. Likeledes går denne tiden ned, dersom signal/støy forholdet på forhånd er slett, idet referansen er usikker.

2.2.3 Skrift ved manglende startpuls

Dersom en startpuls uteblir, foreligger det vesentlig 3 muligheter for utskrift på mottagersiden:

- i Apparatet kan dechiffrere den resterende del av tegnet.
- ii Apparatet kan lage et mellomromstegn.
- iii Apparatet kan generere tegnet ALL SPACE.

Den første utvei er en fordel dersom man har et samband uten fæding, eller fædingperioden er kortere enn et element.

I dette tilfelle er nemlig sannsynligheten for en feil startpuls ukorrelert med sannsynligheten for at andre deler av tegnet er ødelagt. Når sendingen stanses vil ved denne kobling mottageren skrive kodestrimmelens tegn, d v s en melding følges alltid av N meningsløse tegn.

I annet tilfelle vil en manglende startpuls føre til at mottageren erstatter tegnet med et mellomrom. Dette er gunstig for de sambandstyper som har langsom og dyp fæding, fordi det der er stor sjanse for at en manglende startpuls følges av flere feil.

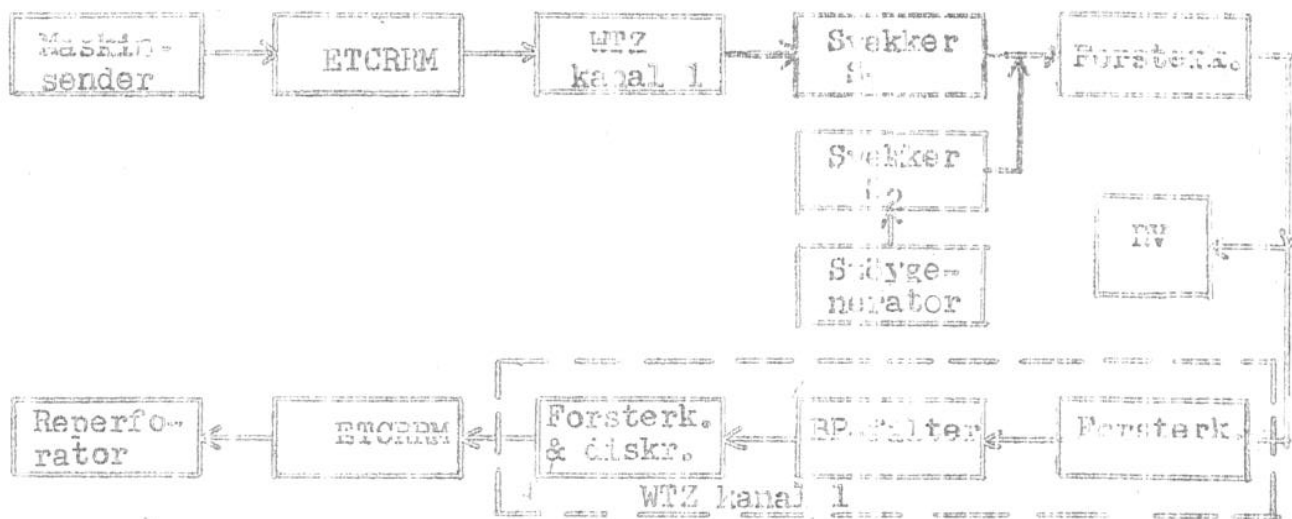
Siste tilfelle er analogt med foregående, men mottageren kan her ikke direkte se at et tegn er borte.

Disse betraktninger fører til den konklusjon at linjesamband bør benytte alternativ i, mens RF-samband har alternativ ii.

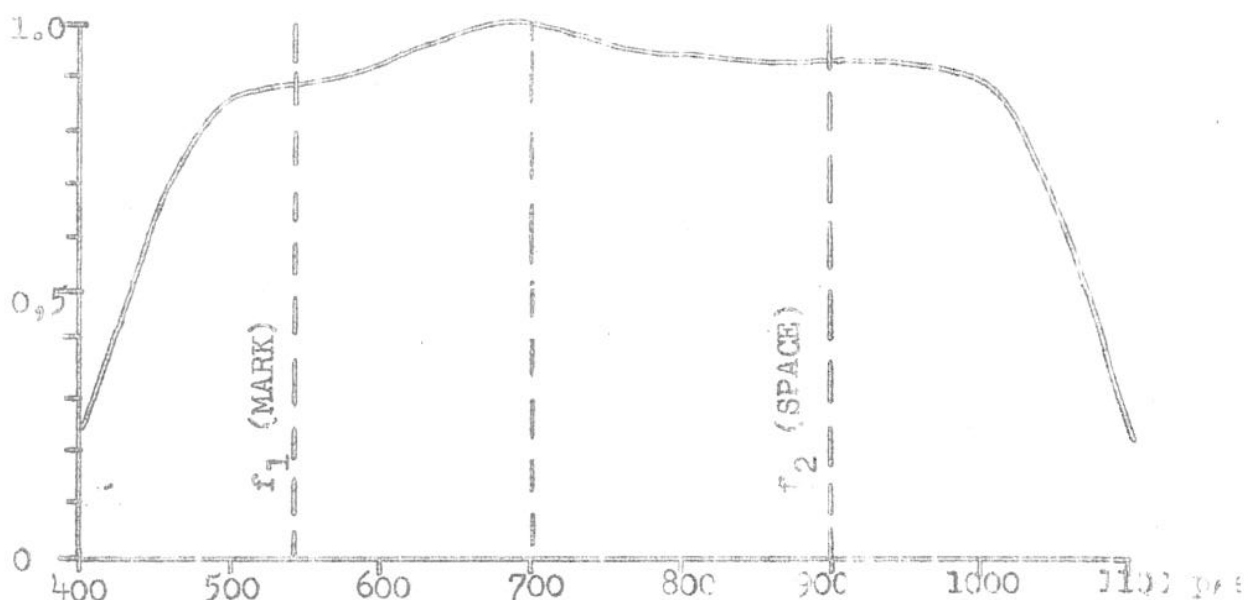
3.0 EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSE

Ved de eksperimentelle undersøkelser er benyttet skjema som i figur 3.1. Den benyttede senderdelen av WIZ omdanner fjernskrivertegnene til frekvensen $f_1 = 540$ p/s for MARK og $f_2 = 900$ for SPACE. Mottagerdelen har et tilnærmet rektangulær karakteristikk som vist i figur 3.2. Detektoren er en balansert demodulator, hvor signalet mates inn på 2 punkter gjennom hver sitt faseadriende ledd, slik at de to innganger er i medfase eller motfase avhengig av frekvensen. Karakteristikken er prinsipielt en skarp diskriminator karakteristikk, og er vist i figur 3.3.

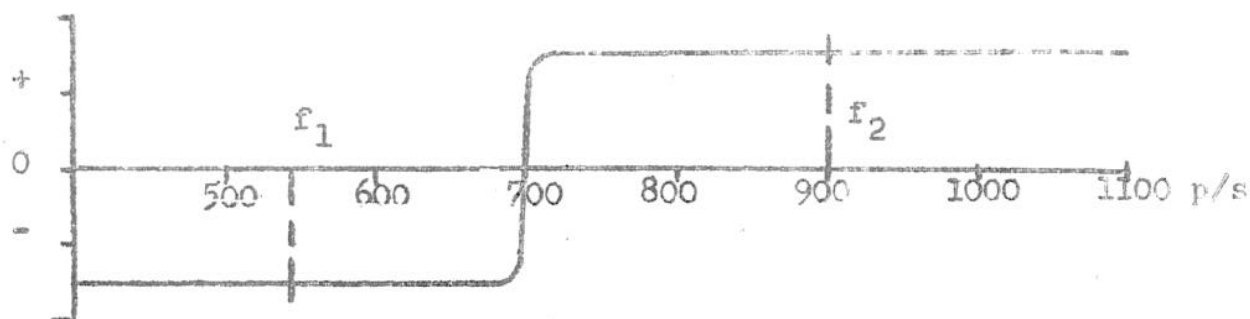
Signalnivået ble regulert ved svekkerleddet S, sammen med en linjeforsterker. Støy ble tilført linjen fra en generator inneholdende et thyratronrør i magnetfelt. Støyen er tilnærmet hvit i båndet 20 - 20 000 p/s. Støynivå og signalnivå ble målt med et middelværdi rørvoltmeter innkoblet i linjen.



Figur 3.1 Måleoppstilling



Figur 3.2 Karakteristikk av båndpassfilter



Figur 3.3 Diskriminatorekarakteristikk

Ved reduksjonen er alle nivåer referert til diskriminatorinn-
gangen.

3.1 Bokstavfeilsannsynlighet P_b

For å undersøke feilraten som funksjon av signal/støyforholdet ble det gjort en rekke forsøk. En chifferstilling ble sendt ut kontinuerlig ALL MARK fra maskinsenderen. Dette ble kodet med random strimmel og dekodet med identisk strimmel. Som følge av dette hadde de utsendte tegn helt random fordeling, hvilket er meget gunstig for et slikt forsøk. Det ble mottatt på reperforator, og alle feil-d v s alle kombinasjoner som ikke inneholdt 5 MARK- var derfor meget lett å telle.

Ved hovedforsøkene ble støy innført 30 sekunder etter at sam-
bandet var startet, for å sikre at stabilitet var inntrådt. Resultatene er gitt i figur 3.4, hvor kurven for totalt middel er inntegnet.

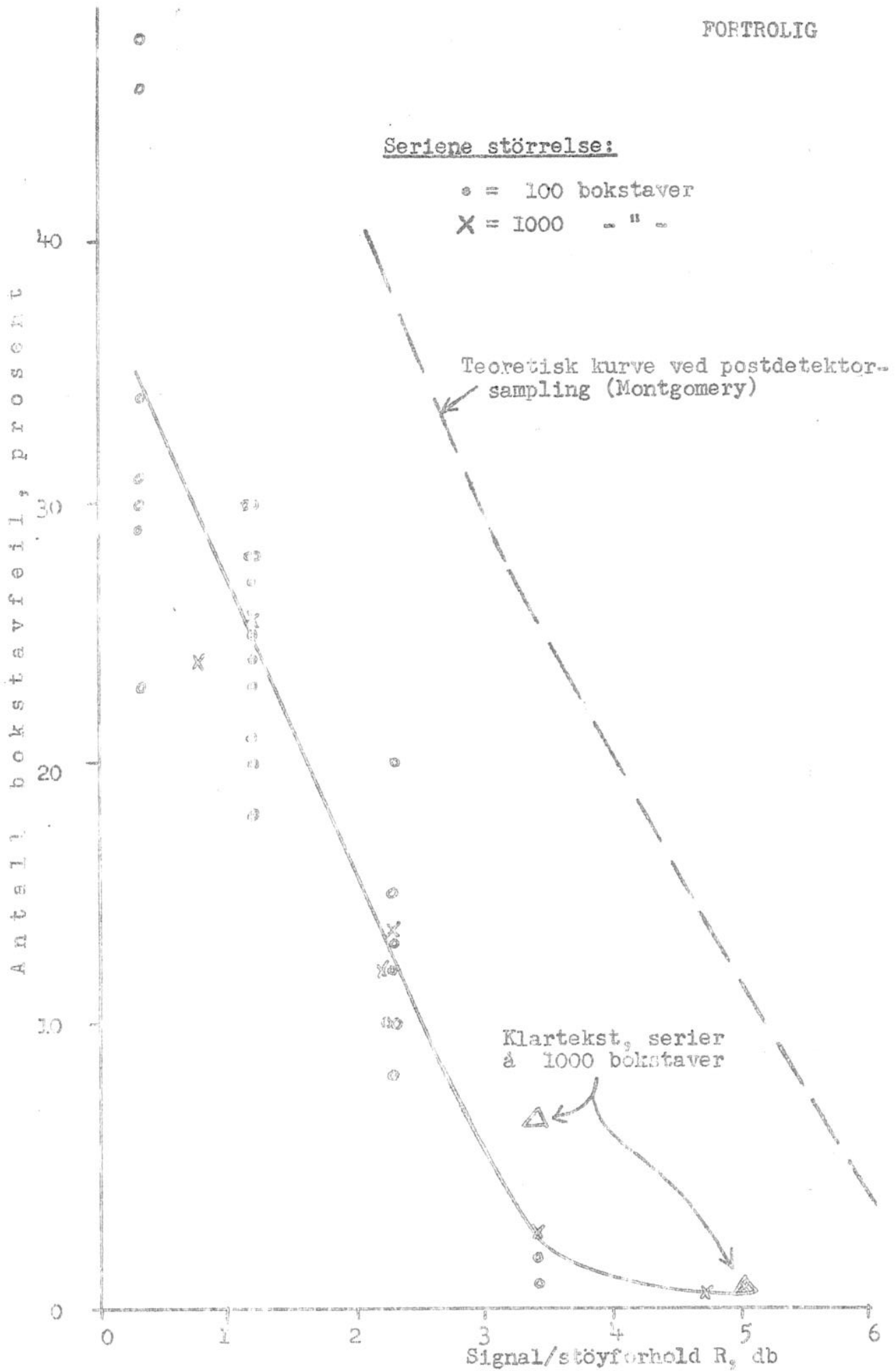
Det ble også gjort forsøk å 100 tegn, hvor støy var innført før
sambandet ble startet. Resultatene av disse forsøk er ikke
inntegnet, men de ga kun uvesentlig høyere feilrate.

Sammenlignende forsøk med klartekst er meget vanskelig å ut-
føre. Skal forsøket være av verdi, må tegnene ha statistisk
fordeling, og opptellingsarbeidet blir formidabelt, og sann-
synligheten for feil i tellingen blir stor. Dersom der sendes
et fast bokstav, kommer ethvert normalt fjernskrivingsamband
lett permanent ut av synkronisme så snart enkelte start- eller
stopp-pulser blir forvrengt.

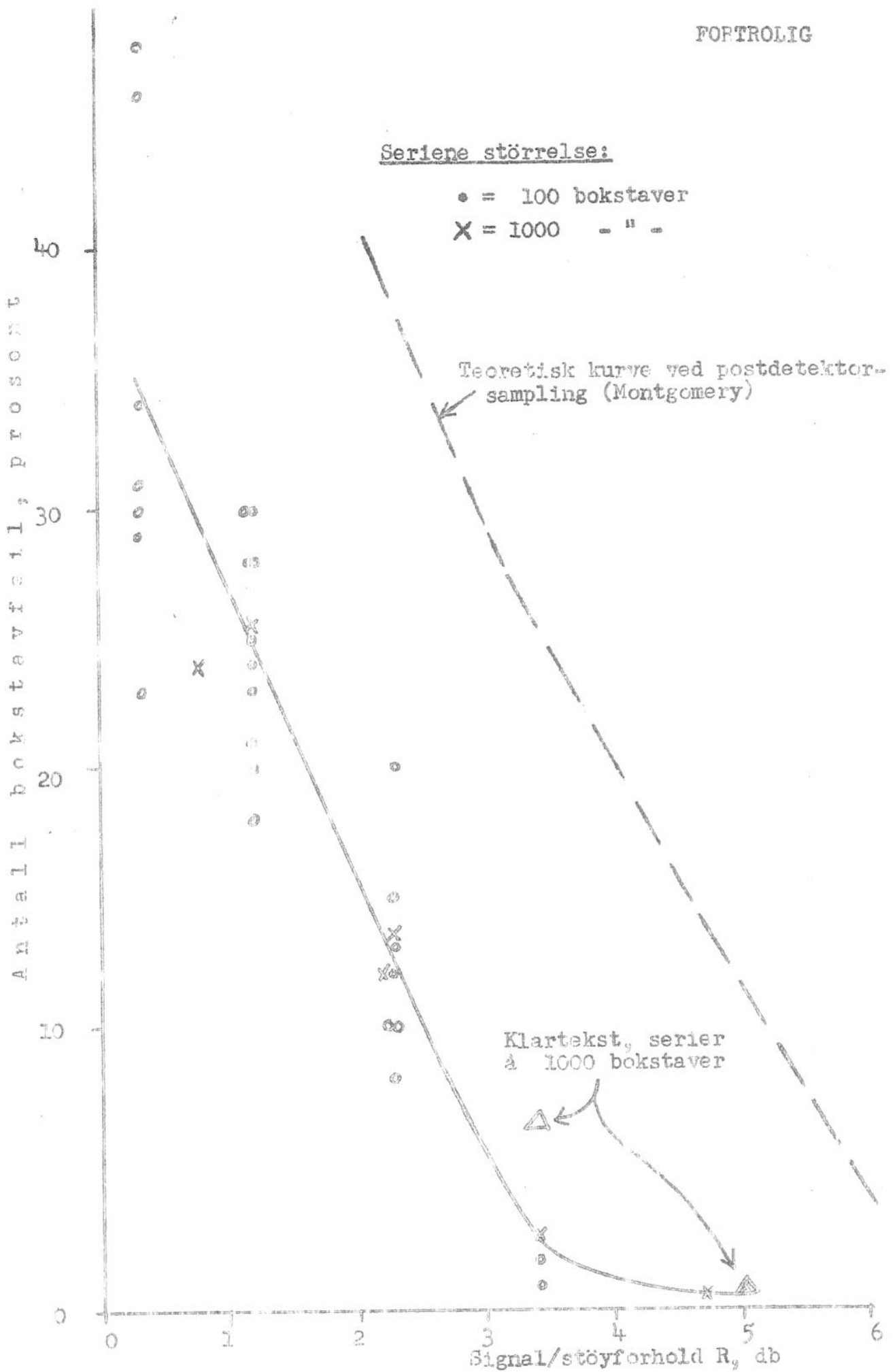
Klartekstforsøkene ble derfor begrenset til 2 serier å 1 000
bokstaver, med en standard prøvetekst. Resultatene er inn-
tegnert i figuren til sammenligning. Forsøket ved $R=3,4$ db
ga en feilrate på 6,4% mot 2,75% ved chiffer, og ved $R=5,0$ db
var feilratene omtrent like store, ca 0,9%. Resultatet ved
3,4 db må antas å være signifikant på grunn av det relativt
store antall feil, mens resultatet ved 5,0 db er mere usikkert.

Resultatene antyder, som ventet at man med et synkronsystem
får en redusert sannsynlighet for feil.

Til sammenligning er i figur 3.4 inntegnet kurven for FM fra
figur 1.1, som gir den teoretiske feilsannsynlighet. (Kurven
er omregnet fra elementfeil til bokstavfeil). Den målte kurve
ligger ca 2,5 db bedre enn den teoretiske. Dette skyldes
at den teoretiske kurve forutsetter sampling etter diskrimi-



Figur 3.4 Bokstavfeilfrekvens i chifferstilling



Figur 3.4 Bokstavfeilfrekvens i chifferstilling

natoren, mens man i det aktuelle tilfelle har lavpassfiltre-
ring først.

3.2 Opprettholdelse av synkronisme

Efter først å ha etablert synkronisme, ble sambandet brutt i et intervall t , og man konstaterer hvorvidt synkronisme var opprettholdt eller ikke. Endel resultater er gitt i figur 3.5 for det støyfrie tilfelle. Ordanotene angir antall ganger spørsmålet ble besvart med ja eller nei ved de forskjellige tider.

I tilfellene vist i figur 3.5 a-c ble benyttet en stabil tegngenerator. Ved 50 og 51 baud hastighet beholdes synkronisme over 20-25 sekunder (ca 150 bokstaver), ved 49 bd er den kritiske tid ca 20 sekunder (130 bokstaver). Toleranseområdet for maskinsendere er såvidt vites $50 \pm 1,5$ bd.

I figur 3.5 d er brukt en vanlig maskinsender. Tiden er her avtatt til mellom 10 og 15 sekunder (70 - 100 bokstaver). Når denne tid er mindre, skyldes det at maskinsendere alltid har noen pendling av hastigheten.

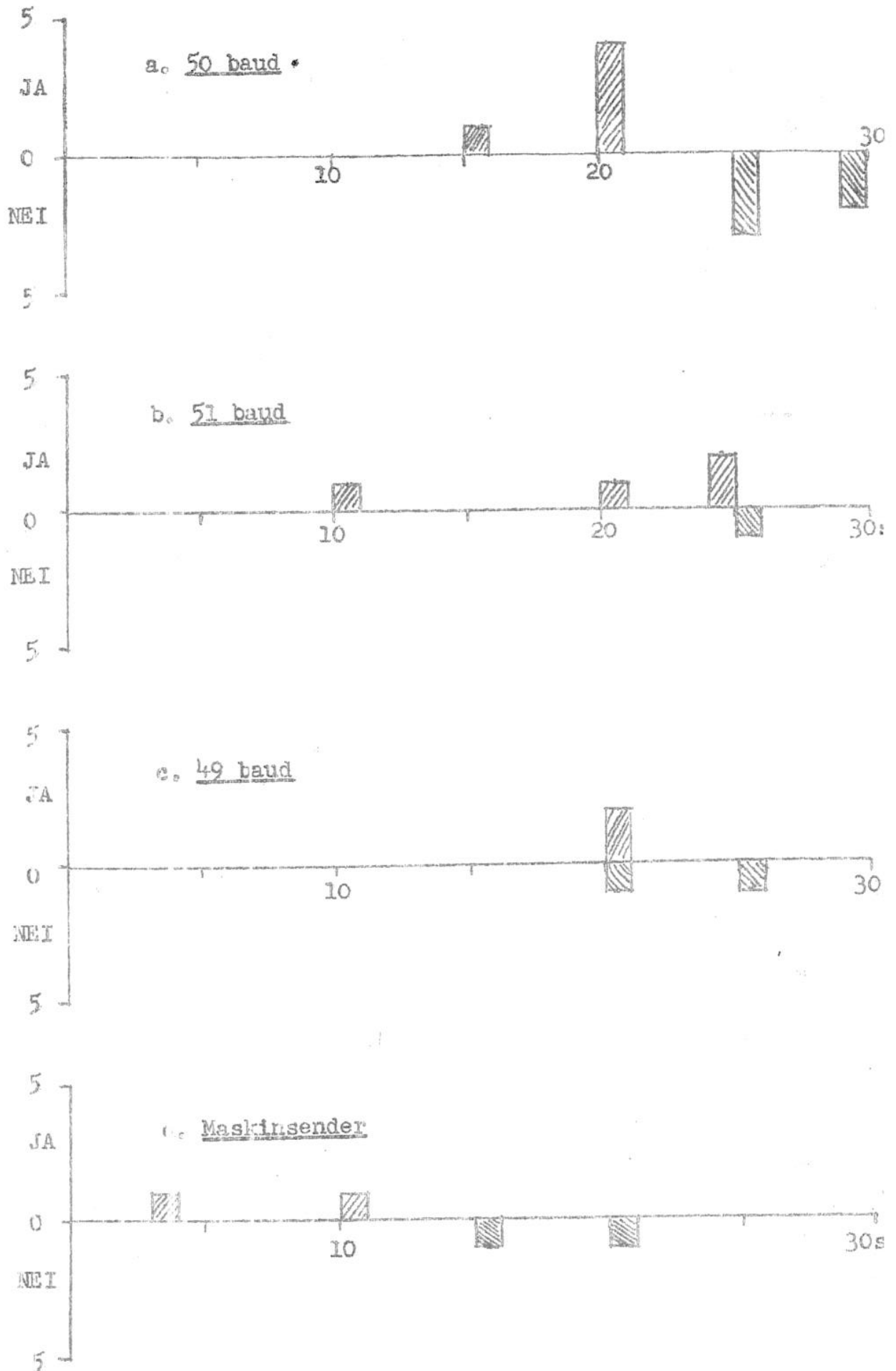
I figur 3.6 er vist tilsvarende resultater, men med støy i systemet før sambandet ble brutt, slik at den etablerte synkronisme var usikker for bruddet inntraff. Ved $R=2,4$ db, tilsvarende en feilrate på ca 10%, er den kritiske tid falt til mellom 5 og 10 sekunder (30 - 60 tegn). Også her synes sendehastigheten å ha liten betydning innenfor de aktuelle grenser. Maskinsenderen oppfører seg her omtrent som den stabile tegngenerator, hvilket er rimelig idet den reduserte tid må i det vesentligste skyldes usikkerheten i referansen.

Forsøkene referert i figur 3.6 er antagelig utført under vesentlig strengere betingelser enn man vil ha ved et praktisk samband, idet støyen vil komme opp når sambandet leder ut, slik at referansen er etablert på forhånd.

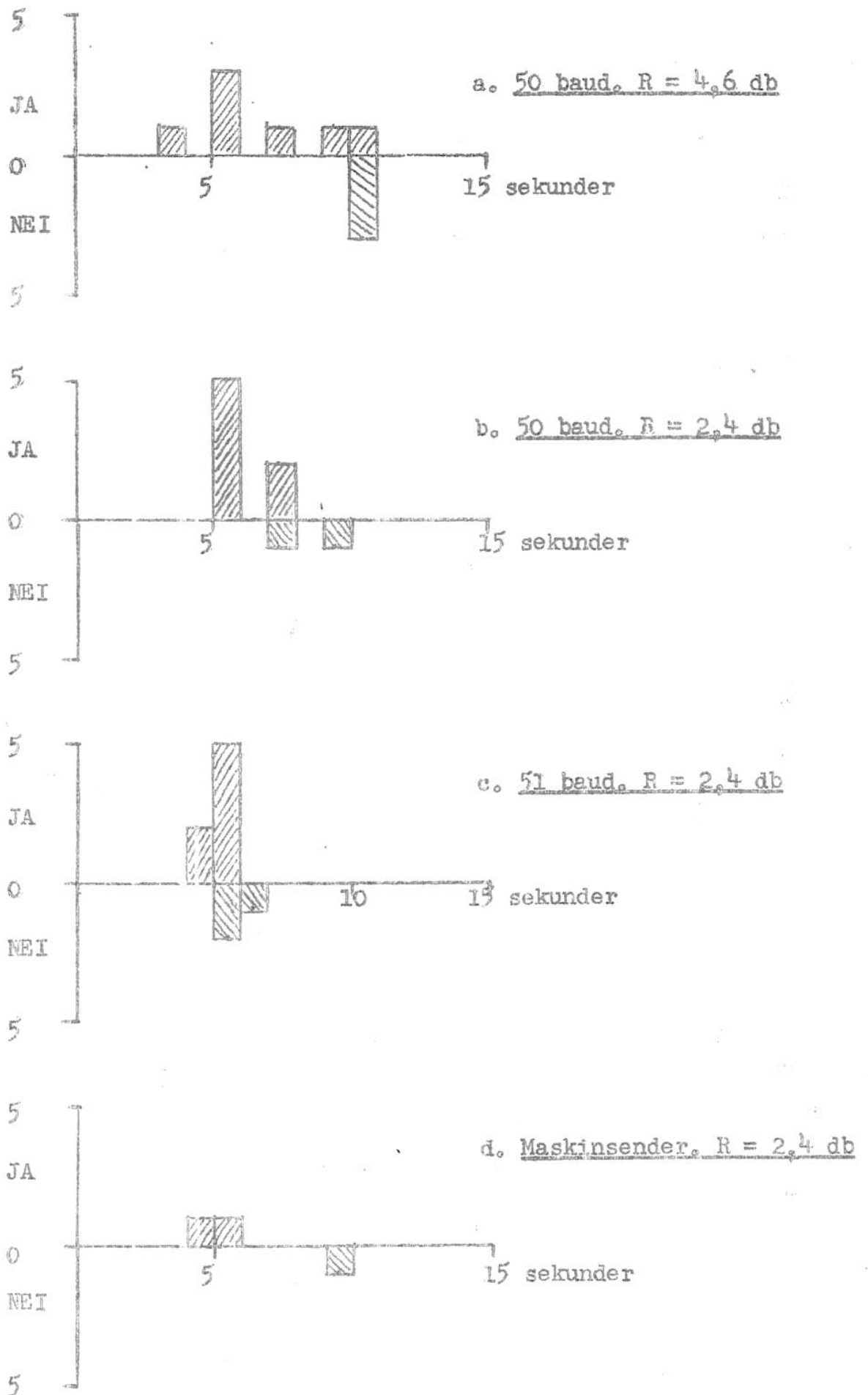
3.3 Selvstart

Selvstart inntreffer når støyen forårsaker 5 påfølgende falske startpulser. Sannsynligheten for dette er utviklet i avsnitt 2.1.2. Det ble utført en rekke forsøk hvor man ved et meget lavt signal/støyforhold plutselig fjernet signalet og målte tiden for systemet startet av støyen. Resultatene er gitt som histogram i figur 3.7.

FORTROLIG

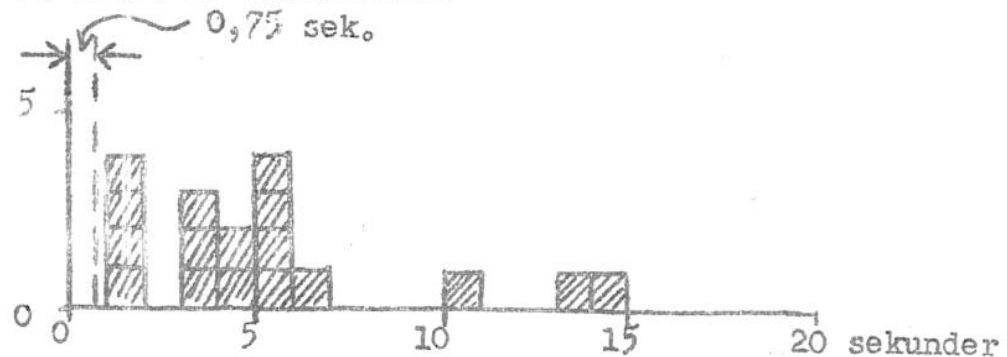


Figur 3.5 Opprettholdelse av synkronisme, Ingen støy



Figur 3.6 Opprettholdelse av synkronisme ved støy

Der sees at i 50% av tilfellene inntreffer starten før vel 4 sekunder. Ifølge ligning 2.4 er $t_{50}^* = 2,25$ sekunder, idet p_e i dette tilfelle er 0,5. Hertil kommer en forsinkelse på 0,75 sekunder, idet man først efter 5 bokstavlengder konstaterer at start er inntruffet.



Figur 3.7. Tid for falsk start ved ren støy.

I tillegg kommer reaksjonstiden for observatøren. Resultatene må derfor sies å stemme bra med teorien.

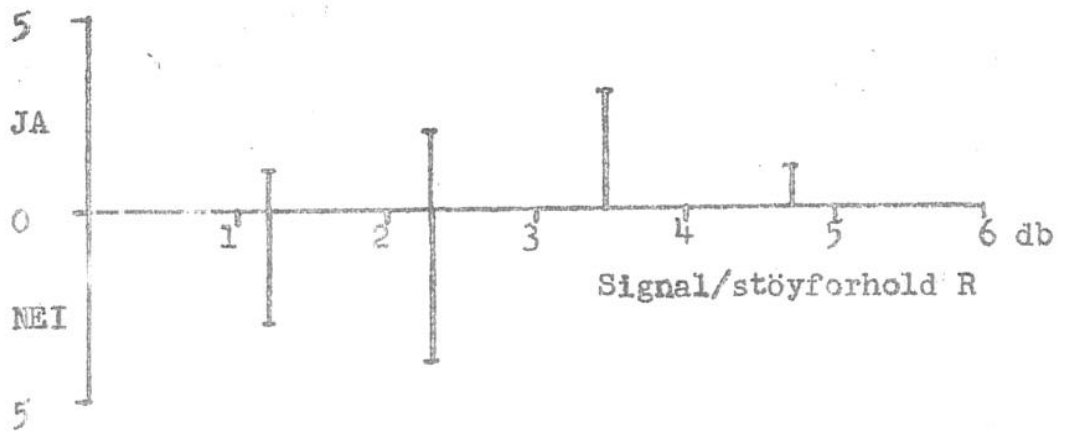
At signalet er null, tilsvarer et signal/støyforhold på 0 ($-\infty$ db). Ved praktiske signal/støyforhold forskjellig fra null var man ikke i stand til å få falsk start.

3.4 Fusk ved normal start og stopp

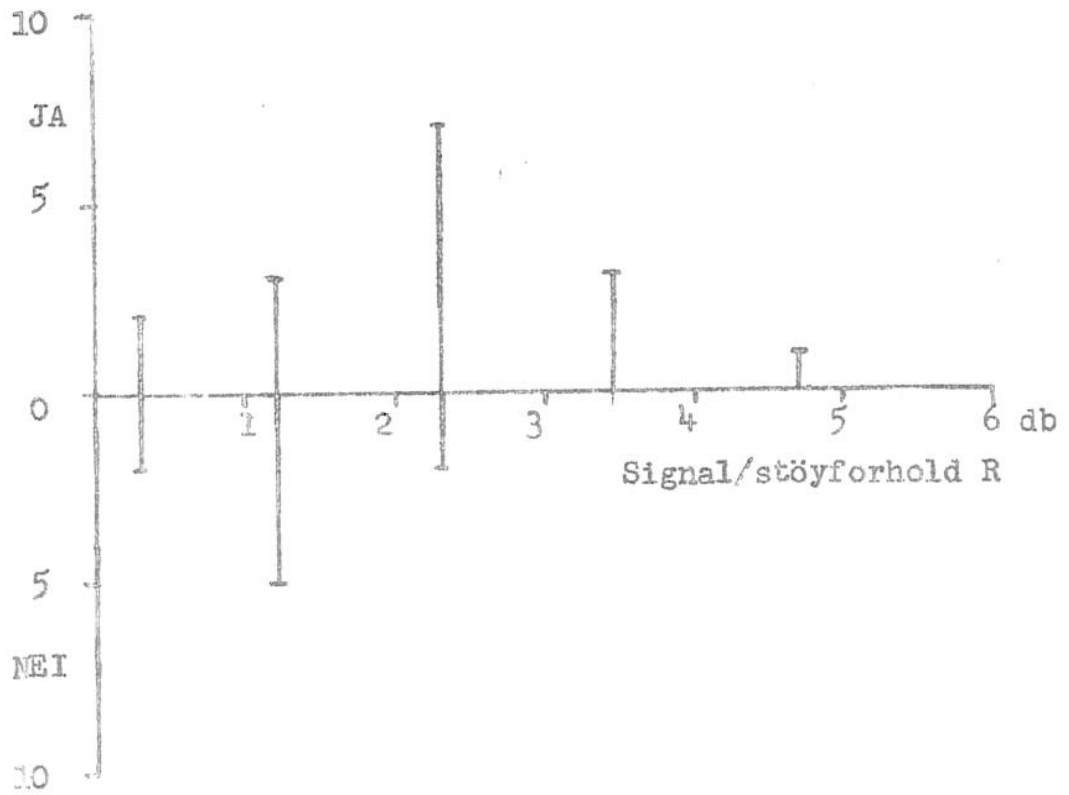
En rekke forsøk ble utført for å undersøke det normale start- og stoppkriteriet ved forskjellige grader av støy. Stopp-perioden var $N = 64$ bokstaver i det forelagte utstyr. Resultatene er gitt i figur 3.8 a og b, hvor det er inntegnet hvor mange ganger systemet oppførte seg korrekt (JA) eller fusket (NEI) ved de forskjellige signal/støyforhold.

Ifølge ligning 2.1 er det 50% sjansel for fusk i starten ved $p_e \approx 0,04$, svarende til en bokstavfeilrate på ca 20%. Av figur 3.4 sees at dette ligger ved et signal/støyforhold på 1,6 db. Figur 3.8 a antyder at grensen ligger ved ca 2,5 db, tilsvarende en bokstavfeilrate på ca 10%. Over 3 db synes sjansen for fusk i starten å være liten.

For fusk i stoppen synes ifølge figur 3.8 b 50% grensen å gå nær 1,2 db, ved en bokstavfeilrate på ca 25%. Ifølge ligning 2.8 er denne grensen ved omkring $p_e = 0,05$, tilsvarende en bokstavfeilrate på 23%, eller et signal/støyforhold omkring



a. Antall ganger korrekt start



b. Antall ganger korrekt stopp

Figur 3.8 Start og stopp ved forskjellige signal/støyforhold

1,4 db. Alle usikre faktorer tatt i betraktning, må overensstemmelsen antas å være rimelig.

Korreksjonen av undersøkelsene i dette avsnitt synes å være at systemet vil ha liten sannsynlighet for fusk ved start og stopp ved samband som forøvrig holder en rimelig god kvalitet for fjernskrift. Først når feilratene nærmer seg 1 feil pr 2 ord, begynner fusk å inntreffe ved start og stopp.

4.0 KONKLUSJON

ETCRRM i synkron utførelse vil gi mindre feilskrift enn et vanlig fjernskrivsystem basert på start-stopp.

Sannsynligheten for at mottagerens kodelinje skal starte på grunn av støy i et hvilestrømsystem er for alle praktiske formål null.

Mens et usynkront ETCRRM-system selv ved meget gode samband har en ikke ubetydelig sannsynlighet for å falle ut på grunn av støy under drift, er denne sannsynlighet praktisk talt lik null, selv ved slette samband dersom man bruker synkron ETCRRM.

Det synkrone system tåler relativt langvarig utfading uten å tape synkronisme, også ved et slett samband.

Ved slette samband kan kodelinjene komme i utakt ved avslutningen av en melding. I selve startmomentet er det større sjans for fusk ved synkront system enn ved usynkront system. Disse sannsynligheter er imidlertid først av betydning når sambandet er så slett at verdien av en melding er diskutabel.

Når startpuls uteblir, er det ved linjesamband og andre samband av samme karakter gunstig om mottagende maskin prøver å dechiffere den resterende del av tegnet.

Ved RF-samband, hvor fadingperioden er vesentlig lenger enn en elementperiode, er det bedre om mottageren genererer mellomromstegn når startpuls uteblir.

Analysen forutsetter at der brukes slik deteksjonsmetode at sannsynligheten for at MARK går over til SPACE på grunn av støy er lik sannsynligheten for den motsatte overgang. Systemer som prinsipielt er slette og som dessuten ikke er riktig justert, er ikke tatt med i vurderingen.

Litteratur:

Montgomery, G F: A comparison of amplitude and angle modulation for narrow-band communication of binary-coded messages in fluctuation noise - Proc IRE 42, (2) 1954, 447 8 s.