

Østfoldbanen  
621.332.3



**Jernbaneverket**  
Ingeniørtjenesten

# Undersøkelse av spenningsforholdene på strekningen Halden- Kornsjø

for  
Jernbaneverket Region Øst  
September 1998

Jernbaneverket  
Sivilingeniør

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Øst, Teknisk kontor,  
strømforsyning

Prosjekt: 198117

Rapport nr.: 01

Dato: 03.09.1998

---

**Rapporten omhandler (stikkord):**

Undersøkelse av spenningsforhold på strekningen Halden - Kornsjø i forbindelse med økning i vekt på godstog fra 1090 tonn til 1400 tonn.

**For Jernbaneverket Ingeniørtjenesten**

Prosjektansvarlig: Trond J. M. Føllesdal

Prosjektleder: Frode Johannessen

Rapport utarbeidet av: Per-Christian Bruu og Frode Johannessen

Dato for siste revisjon: Revisjon nr.: 0.0 Antall sider: 8

## Dokumentkontrollside

| Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Øst, Teknisk kontor, strømforsyning      |  |            |               |        |      |                 |      |
|---|--|------------|---------------|--------|------|-----------------|------|
| Prosjektbeskr.: Undersøkelse av sp.forholdene på strekningen Halden - Kornsjø |  |            |               |        |      |                 |      |
| Prosjektnr.: 198117   |  |            |               |        |      |                 |      |
| Dokumenttittel: Undersøkelse av sp.forholdene på strekningen Halden - Kornsjø |  |            |               |        |      | Dokument nr.:   |      |
| Utarbeidet av : Per-Chr. Bruu og Frode Johannessen                            |  |            |               |        |      | Sign <i>FrJ</i> |      |
| Skal kontrolleres av:   | Kontrolltype                               | Rev. 0     |               | Rev. 1 |      | Rev. 2          |      |
|   |  | Dato       | Sign          | Dato   | Sign | Dato            | Sign |
| TMF   | Helhetsvurdering                           |            |               |        |      |                 |      |
| TMF   | Språk                                      |            |               |        |      |                 |      |
| TMF   | Logisk oppbygging /disposisjon             |            |               |        |      |                 |      |
| TMF   | Teknisk:<br>- faglig<br>- tverrfaglig      |            |               |        |      |                 |      |
| TMF   | Presentasjonsform                          |            |               |        |      |                 |      |
| FRJ   | Kopieringen er kontrollert (sign original) | <i>FrJ</i> | <i>3/9-98</i> |        |      |                 |      |
| Generelle kommentarer:  |  |            |               |        |      |                 |      |
| Dokument godkjent for utsendelse  |  |            |               | Dato   |      | Sign.           |      |

---

## Sammendrag

Denne rapporten tar for seg spenningsforholdene på strekningen Halden - Kornsjø, når det kjøres enten et multipel koblet RC-4 eller RC-6 med togvekt 1400 tonn. Det er ingen andre tog inne på strekningen i den studerte ruteplanen.

### Resultater:

#### RC-4

Uten restriksjoner i lastuttak, med to aggregater i Sarpsborg omformer og kondensatorbatteriet innkoblet blir den laveste spenningen på strekningen Halden - Kornsjø 13,6 kV

Med restriksjon på lastuttak til maksimalt 70 % av nominelt lastuttak, blir resultatene som presentert i tabellen under. Kryss i ruten angir ett eller to aggregat i Sarpsborg omformer, og om kondensatorbatteriet er innkoblet i den gjeldene simulering.

| Med kondensatorbatteri | Uten kondensatorbatteri | Ett aggregat i Sarpsborg omf. | To aggregat i Sarpsborg omf. | Laveste spenning på strekningen Halden - Kornsjø [kV] |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|
| x                      |                         |                               | x                            | 13,9  |
| x                      |                         | x                             |                              | 14,1  |
|                        | x                       |                               | x                            | 12,9  |

#### RC-6

Uten restriksjoner i lastuttak, med to aggregater i Sarpsborg omformer og kondensatorbatteriet innkoblet blir den laveste spenningen på strekningen Halden - Kornsjø 13,4 kV

**INNHOLDFORTEGNELSE.**

|   |          |
|---|----------|
| INNHOLDSFORTEGNELSE.....  | 1        |
| <b>1. PROBLEMSTILLINGER OG MÅL.....</b>                           | <b>2</b> |
| 1.1 PROBLEMSTILLING.....  | 2        |
| 1.2 MÅL.....  | 2        |
| <b>2. TEKNISK KVALITET.....</b>                                   | <b>3</b> |
| 2.1 KRAV TIL SPENNINGEN.....                                      | 3        |
| <b>3. INNDATA.....</b>  | <b>4</b> |
| 3.1 KONTAKTLEDNINGSSYSTEM.....                                    | 4        |
| 3.2 OMFORMERSTASJONER.....  | 4        |
| 3.3 MATELEDNING.....  | 4        |
| 3.4 OVERLIGGENDE TREFASENETT.....                                 | 4        |
| 3.5 BAKGRUNNSLAST.....  | 5        |
| 3.6 LOK.....  | 5        |
| 3.7 BANEDATA.....   | 5        |
| 3.7.1 Gradienter og kurver (vertikal- og horisontalkurvatur)..... | 5        |
| 3.7.2 Hastighetsprofil.....                                       | 5        |
| <b>4. RESULTATER.....</b>   | <b>6</b> |
| 4.1 RC-4.....   | 6        |
| 4.2 RC-6.....   | 6        |
| <b>5. DISKUSJON OG KONKLUSJON.....</b>                            | <b>7</b> |
| <b>6. VEDLEGGSLISTE.....</b>                                      | <b>8</b> |

## **1. PROBLEMSTILLINGER OG MÅL.**

### **1.1 PROBLEMSTILLING**

Undersøke om det er elektroteknisk mulig å øke vekten på godstogene over Kornsjø, fra 1090 tonn til 1400 tonn. De studerte togene gjelder tognr. 40747, 4551 og 4553.

### **1.2 MÅL**

Rapportens mål er ved hjelp av simuleringer i SIMTRAC, å redegjøre for spenningsforholdene på strekningen Halden - Kornsjø.

Rapporten tar i tillegg sikte på å påpeke de viktigste forutsetningene for simuleringene, samt å komme med en anbefaling om den ovennevnte økning er mulig ut fra et elektroteknisk synspunkt.

## **2. TEKNISK KVALITET**

### **2.1 KRAV TIL SPENNINGEN.**

For at banestrømsforsyningen ikke skal være til hinder for framføringen av en gitt togtrafikk stilles følgende hovedkrav:

Spenningen på strømvtager må ikke underskride en gitt verdi. Nedre grense er i henhold til IEC publikasjon nr. 850, satt til 12 kV.

### 3. INNDATA.

I dette kapittelet beskrives meget kort de modeller som benyttes i simuleringene m/tilhørende inndata.

#### 3.1 KONTAKTLEDNINGSSYSTEM.

Kontaktledningen modelleres som resistans i serie med en reaktans. Verdier som er benyttet her er:

Strekningen Sarpsborg - Kornsjø  $Z=0,21+j0,21 \Omega$ .

Strekningen Kornsjø - Mellerud  $Z=0,20+j0,18 \Omega$ .

Verdien for impedans for strekningen Sarpsborg - Kornsjø er basert på verdier benyttet i andre tilsvarende prosjekter, mens verdiene for impedansen på strekningen Kornsjø - Mellerud er innhentet fra Banverket i Sverige.

#### 3.2 OMFORMERSTASJONER.

|                           |             |                     |
|---------------------------|-------------|---------------------|
| Sarpsborg omformerstasjon | 2 x 14 MVA  | Statisk omformer.   |
| Mellerud omformerstasjon  | 1 x 5,8 MVA | Roterende omformer. |

For omformerstasjonene er det benyttet en modell som gir en detaljert beskrivelse av omformerenes elektriske oppførsel.

#### 3.3 MATELEDNING.

Det er bygget mateledning fra Sarpsborg til Halden. Mateledningen er en FeAl 240 mm<sup>2</sup>, denne er modellert med samme impedans som kontaktledningen,  $Z=0,21+j0,21 \Omega$ . I enden av mateledningen (ved Halden) er det plassert et kondensator batteri på 9  $\Omega$ .

#### 3.4 OVERLIGGENDE TREFASENETT.

Det overliggende trefase nettet er modellert som to separate uavhengige nett. Det bakenforliggende trefase nettet til Sarpsborg omformer stasjon er som i simuleringene for Osloområdet, der det er modellert opp til et spenningsnivå på 47 kV. Denne samleskinnen er også definert som svingmaskin for trefase nettet, og har vinkel 0°.

I Mellerud omformer er det bakenforliggende nettet bare representert ved en samleskinne på 6 kV og vinkel 0°, med en kortslutnings impedans på  $0,26+j0,026 \Omega$  (ref 6 kV), ettere opplysninger fra Baneverket i Sverige.



### 3.5 BAKGRUNNSLAST.

Bakgrunnslast vestover fra Sarpsborg omformer og østover fra Mellerud omformer er neglisjert i simuleringene. Bakgrunnslasten er så lav ved de aktuelle tidspunktene godstogene skal kjøre, at det antas å ikke påvirke spenningsforholdene.

### 3.6 LOK.

De loktyper som er benyttet i simuleringene er:

-Multippel kobling av to RC-4. Kontinuerlig ytelse 7200 kW

-Multippel kobling av to RC-6. Kontinuerlig ytelse 7200 kW

Modellene for materiellet er utviklet ved Adtranz BT i Sverige, og er benyttet i andre prosjekter utført av Adtranz.

Ved kjøring av multippel koblede RC lok er det i Sverige innført restriksjon av pådraget til 70 % av maksimalt effektuttak. Det er i dette studiet simulert med både 70 % og 100 % effektuttak.

### 3.7 BANEDATA.

Anvendte banedata er gradienter (vertikalkurvatur), hastighetsprofil og adhesjonskoeffisient (0,116).

#### 3.7.1 Gradienter og kurver (vertikal- og horisontalkurvatur).

Data for gradienter (vertikal) er hentet fra banedatabanken og er justert for å gi en hensiktsmessig kurvatur i simuleringsprogrammet. Gradientene (vertikal) er fremstilt grafisk i vedlegg 1-5 kurve 3.

Data for horisontale kurver er ikke tatt med i modellen, siden dette bare vil gi marginale utslag.

#### 3.7.2 Hastighetsprofil.

Hastigheten på strekningen Halden - Kornsjø er satt til 80 km/t etter opplysninger fra NSB Gods.

## 4. RESULTATER.

Det er utført simuleringer for multipelkobling av RC-4 og RC-6 med last lik 1400 tonn. For RC-4 er det utført simuleringer med og uten kondensatorbatteri, samt med ett eller to aggregater i Sarpsborg omformerstasjon. For RC-6 er det bare simulert med kondensatorbatteriet innkoblet og to aggregater i Sarpsborg. I simuleringene er det brukt en akslerasjon lik  $1 \text{ m/s}^2$  for begge lok typene.

### 4.1 RC-4.

Uten restriksjoner i lastuttak, med to aggregater i Sarpsborg omformer og kondensatorbatteriet innkoblet blir den laveste spenningen på strekningen Halden - Kornsjø 13,6 kV

Med restriksjon på lastuttak til maksimalt 70 % av nominelt lastuttak, blir resultatene som presentert i tabellen under. Kryss i ruten angir ett eller to aggregat i Sarpsborg omformer, og om kondensatorbatteriet er innkoblet i den gjeldene simulering.

| Med kondensatorbatteri | Uten kondensatorbatteri | Ett aggregat i Sarpsborg omf. | To aggregat i Sarpsborg omf. | Laveste spenning på strekningen Halden - Kornsjø [kV] |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|
| x                      |                         |                               | x                            | 13,9  |
| x                      |                         | x                             |                              | 14,1  |
|                        | x                       |                               | x                            | 12,9  |

Utskrift av spenningsprofilene er vist i vedlegg.

### 4.2 RC-6.

Uten restriksjoner i lastuttak, med to aggregater i Sarpsborg omformer og kondensatorbatteriet innkoblet blir den laveste spenningen på strekningen Halden - Kornsjø 13,4 kV

Utskrift av spenningsprofilene er vist i vedlegg.

## 5. DISKUSJON OG KONKLUSJON.

Det kan knyttes noe usikkerhet til hvordan lokfører blir simulert i modellen med tanke på lastpådrag. I simuleringen er det benyttet en maksimalverdi på akselerasjonen på  $1 \text{ m/s}^2$ . Det gir en høy akselerasjon og et konservativt (høyt) effektuttak. Videre er det usikkerhet om adhesjonskoeffisienten gir et riktig nok bilde av virkeligheten. Adhesjonskoeffisienten som er brukt er benyttet i flere simuleringer både i Norge av Ingeniørtjenesten og i Sverige av Banverket. En for lav adhesjonskoeffisient vil gi et for lavt effektuttak i stigninger og ved akselerasjon. I forsøk med meget høy adhesjon, ikke gjengitt i rapporten, er det ikke oppnådd spenninger under 13,5 kV i Tistedalsbakken. Man antar derfor at resultatene fra simuleringene gir et riktig bilde av spenningsforholdene på strekningen.

Det er ikke påvist spenninger på strekningen som tilsier problemer ved kjøring med multippelkoblede RC-4 og -6 og togvekt på 1400t. Det må tas forbehold om at de studerte togene er alene på strekningen Halden-Mellerud. Ved forskyvninger i ruteplanen kan man risikere lave spenninger i det angjeldende området.

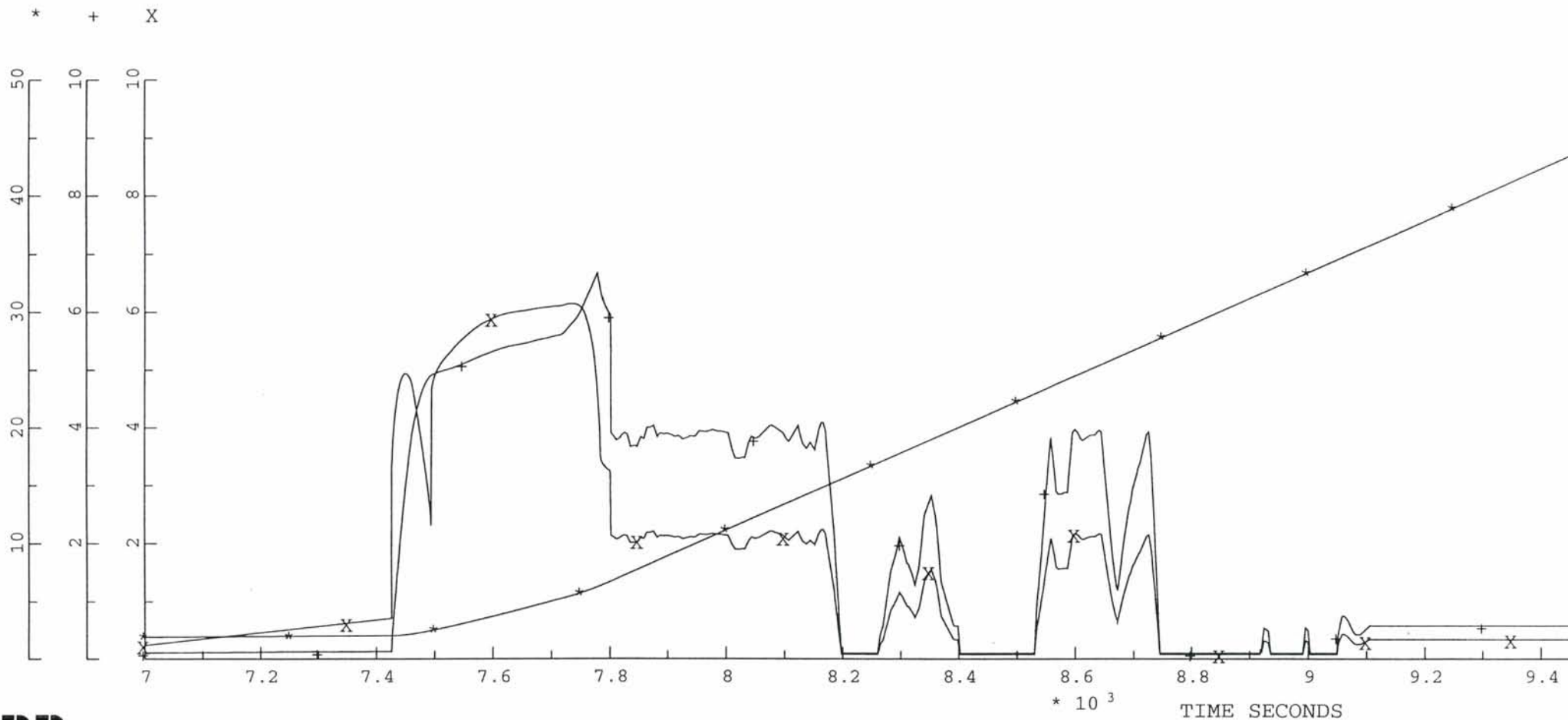
## 6. VEDLEGGSLISTE.

- Vedlegg 1: Simuleringsresultat ved RC-4 m/ restriksjon på 70 % lastuttak, kondensatorbatteriet innkoblet og med et aggregat i drift i Sarpsborg omformer.
- Kurve 1 P(tog), Q(tog) og kjørt lengde som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 2 U(tog) som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 3 Hastighet og gradient som funksjon av lengde (fra Halden).
- Vedlegg 2: Simuleringsresultat ved RC-4 m/ restriksjon på 70 % lastuttak, kondensatorbatteriet innkoblet og med to aggregat i drift i Sarpsborg omformer.
- Kurve 1 P(tog), Q(tog) og kjørt lengde som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 2 U(tog) som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 3 Hastighet og gradient som funksjon av lengde (fra Halden).
- Vedlegg 3: Simuleringsresultat ved RC-4 m/ restriksjon på 70 % lastuttak, kondensatorbatteriet utkoblet og med to aggregat i drift i Sarpsborg omformer.
- Kurve 1 P(tog), Q(tog) og kjørt lengde som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 2 U(tog) som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 3 Hastighet og gradient som funksjon av lengde (fra Halden).
- Vedlegg 4: Simuleringsresultat ved RC-4 uten restriksjon på lastuttak, kondensatorbatteriet innkoblet og med to aggregat i drift i Sarpsborg omformer.
- Kurve 1 P(tog), Q(tog) og kjørt lengde som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 2 U(tog) som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 3 Hastighet og gradient som funksjon av lengde (fra Halden).
- Vedlegg 5: Simuleringsresultat ved RC-6 uten restriksjon på lastuttak, kondensatorbatteriet innkoblet og med to aggregat i drift i Sarpsborg omformer.
- Kurve 1 P(tog), Q(tog) og kjørt lengde som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 2 U(tog) som funksjon av tid (fra Halden).
  - Kurve 3 Hastighet og gradient som funksjon av lengde (fra Halden).

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

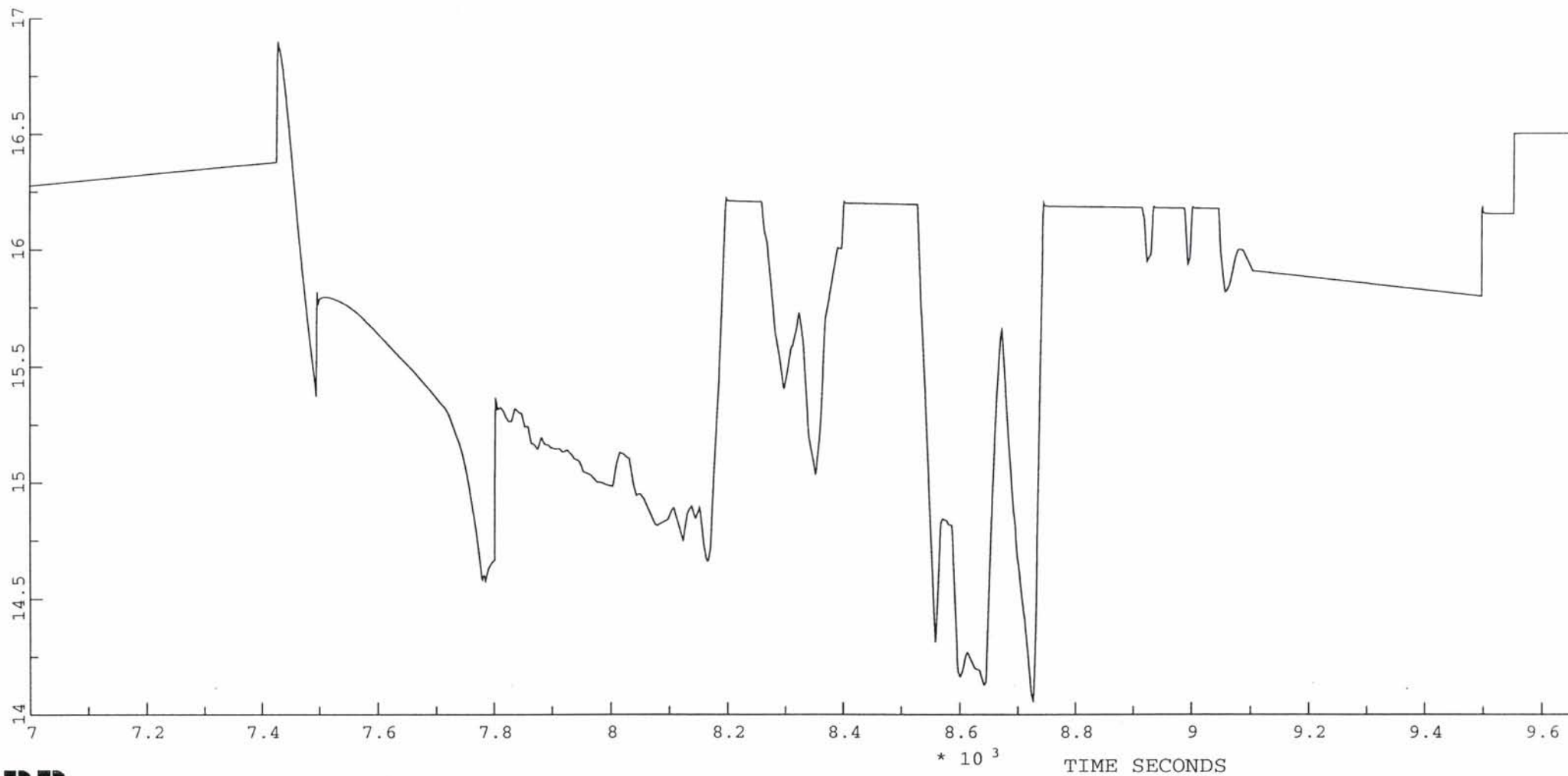
\*=LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH  
+=LOAD X2TOKORN 0 P  
X=LOAD X2TOKORN 0 Q



!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

NODE X2TOKORN U KV

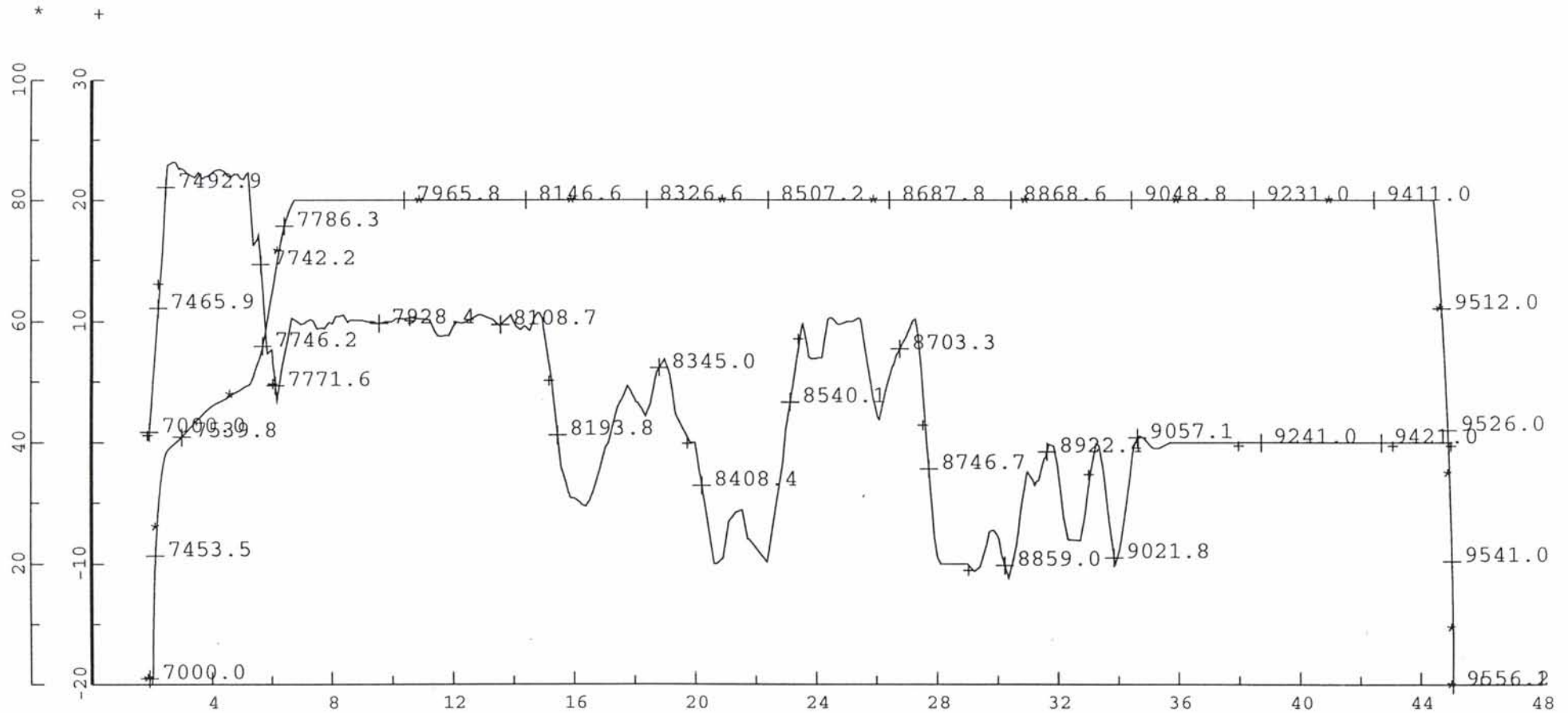


!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

\*=LOAD X2TOKORN 0 SPEED

+ =LOAD X2TOKORN 0 GRAD



LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH



JOB OSTFMIN

DATE 1 SEP 1998 TIME 18.20:08

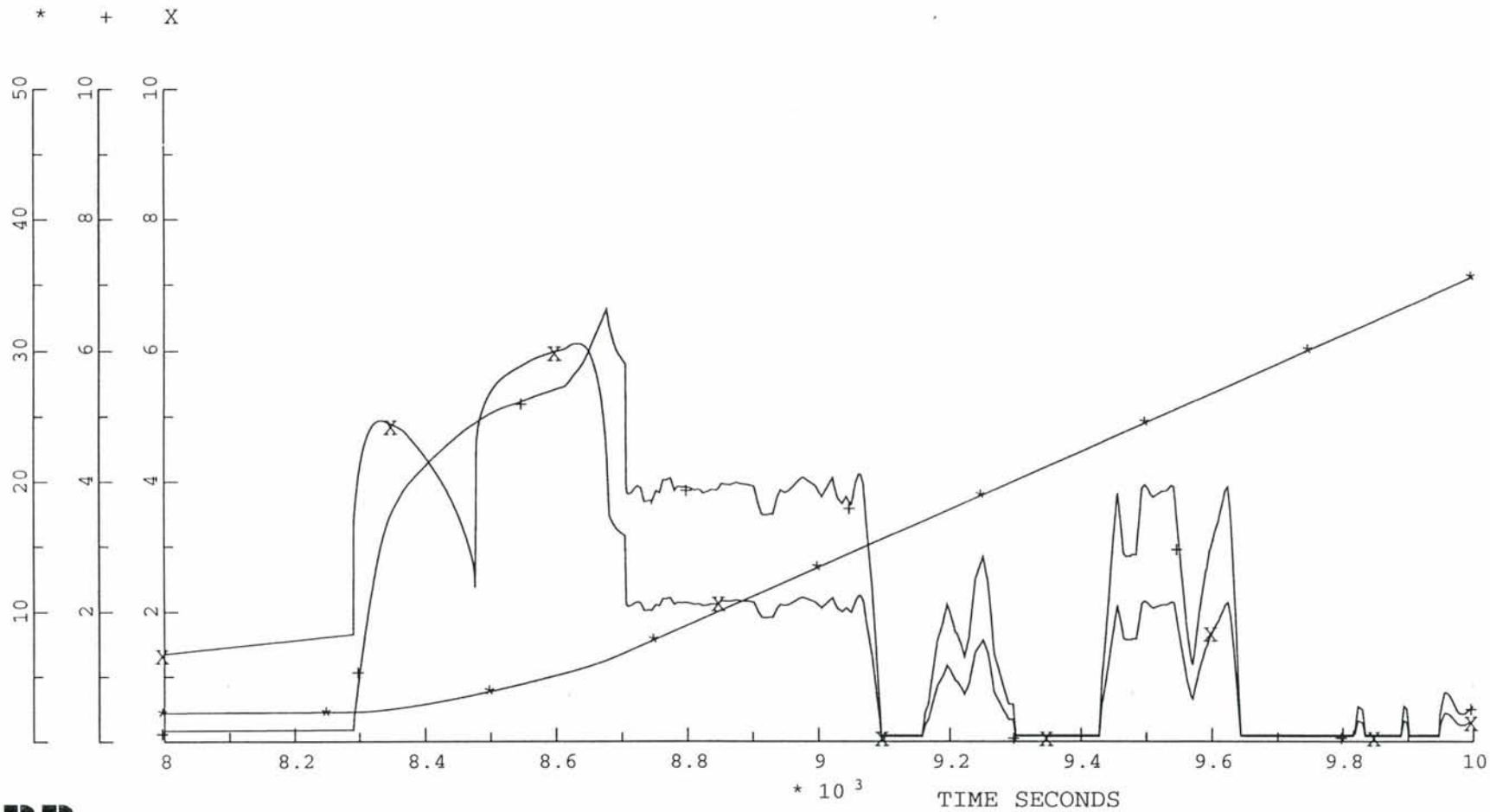
DIAGRAM 6

SIMPOW™

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

\*=LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH  
+=LOAD X2TOKORN 0 P  
X=LOAD X2TOKORN 0 Q

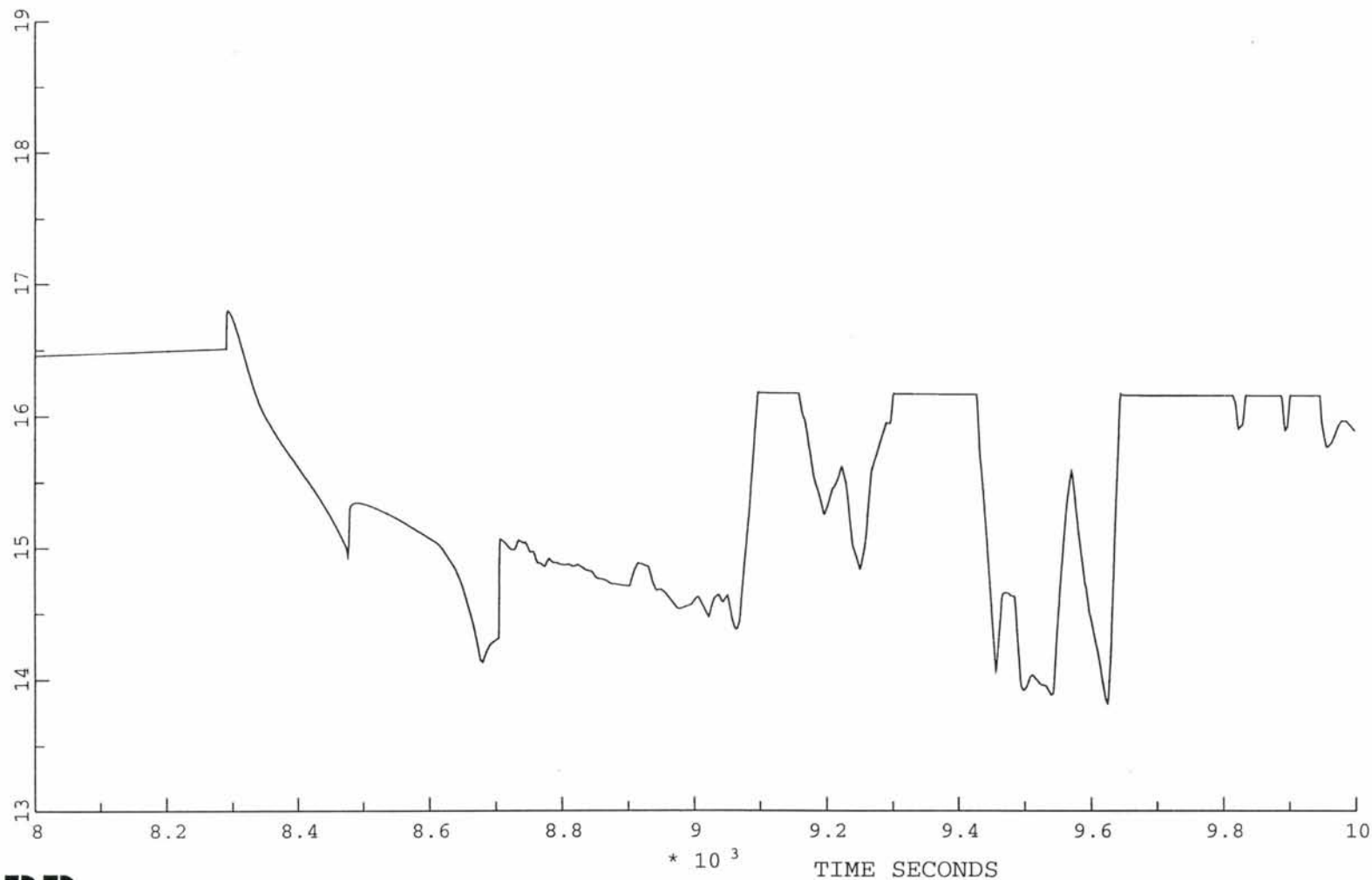




!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

NODE X2TOKORN U KV



JOB OSTF

DATE 1 SEP 1998 TIME 17.38:54

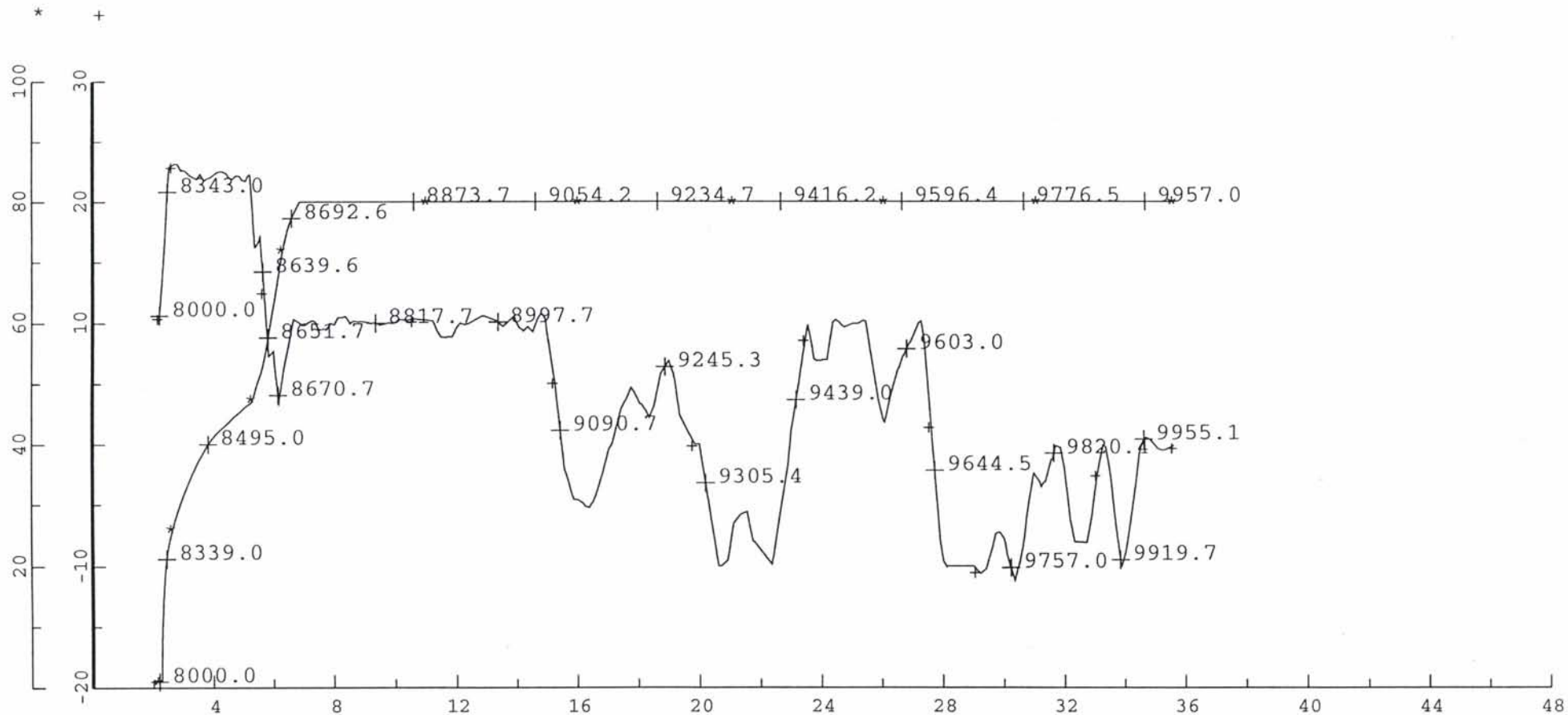
DIAGRAM 2

SIMPOW™

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

\*=LOAD X2TOKORN 0 SPEED  
+=LOAD X2TOKORN 0 GRAD



LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH

JOB OSTF

DATE 1 SEP 1998 TIME 17.38:54

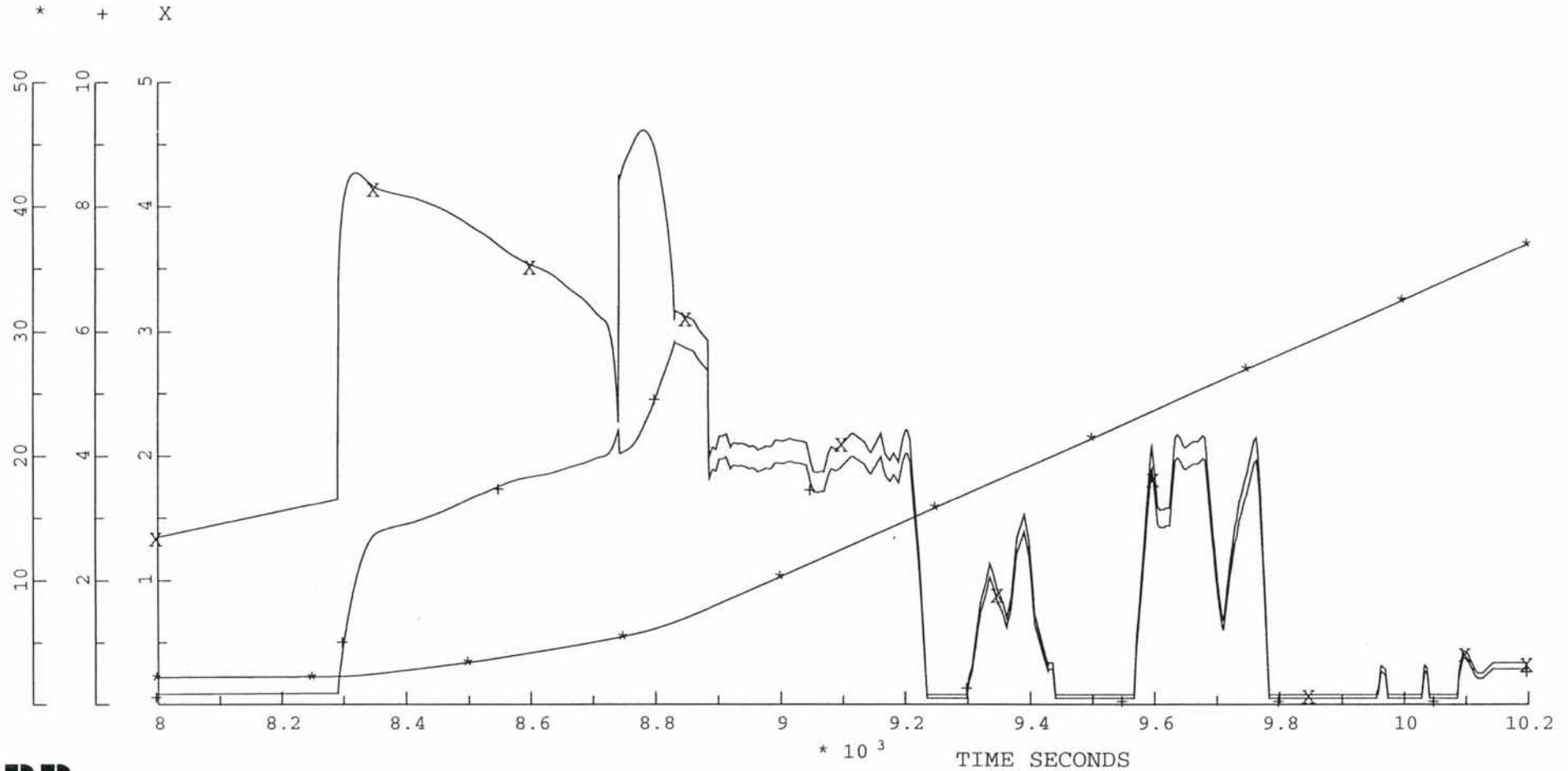
DIAGRAM 6

SIMPOW™

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

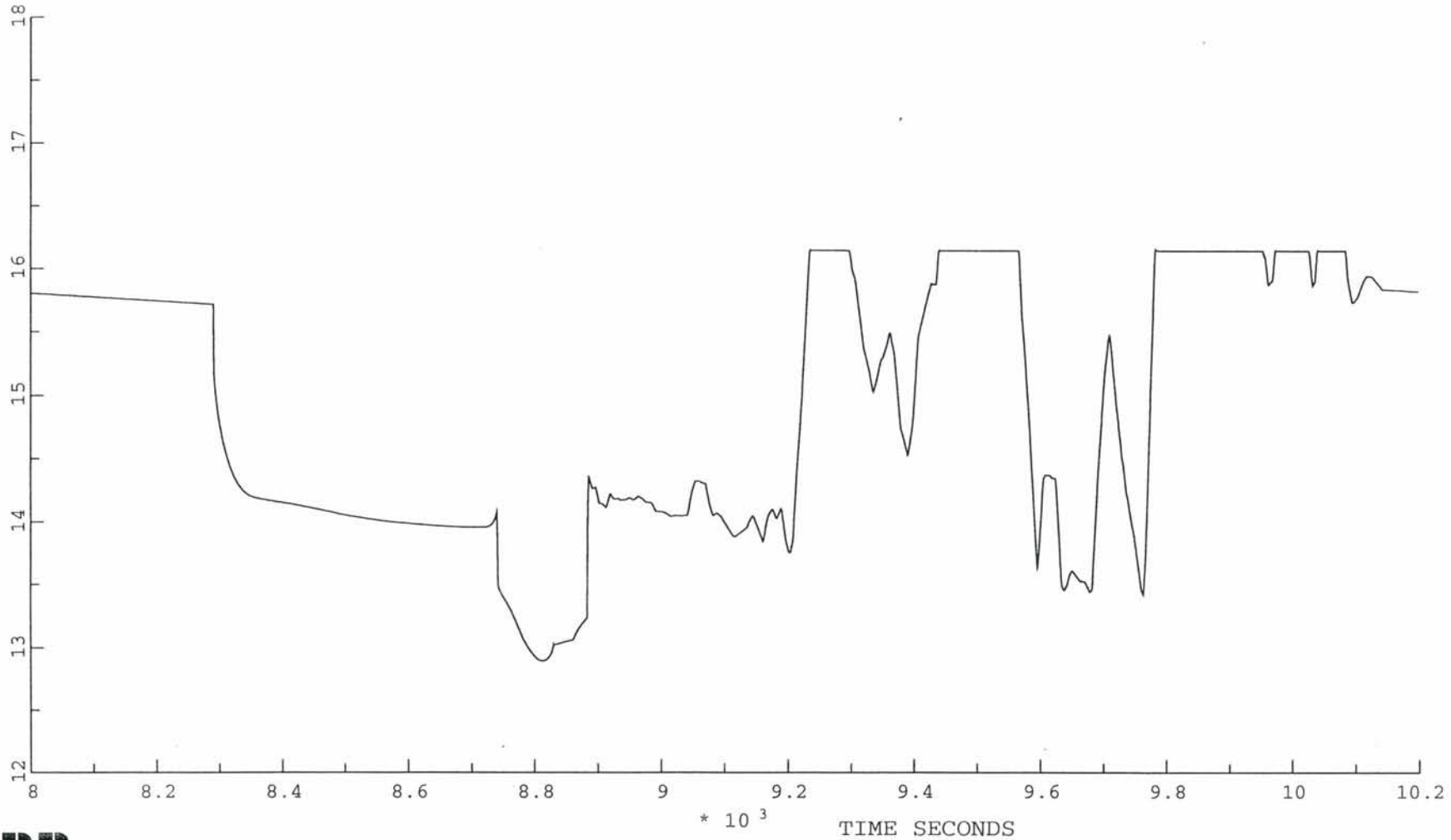
\*=LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH  
+=LOAD X2TOKORN 0 P  
X=LOAD X2TOKORN 0 Q



!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

NODE X2TOKORN U KV

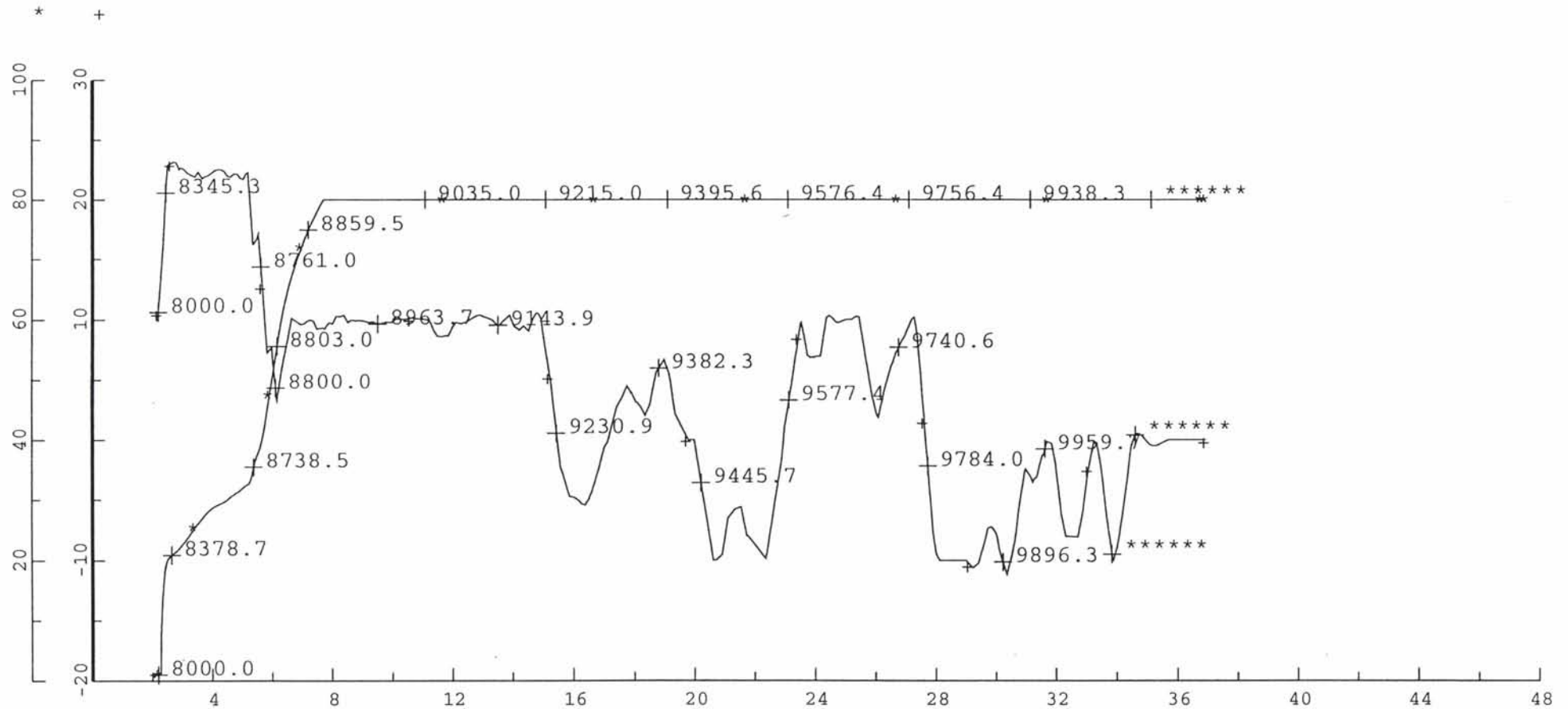


!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

\*=LOAD X2TOKORN 0 SPEED

+ =LOAD X2TOKORN 0 GRAD



LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH



JOB OSTFKONM

DATE 1 SEP 1998 TIME 17.48:10

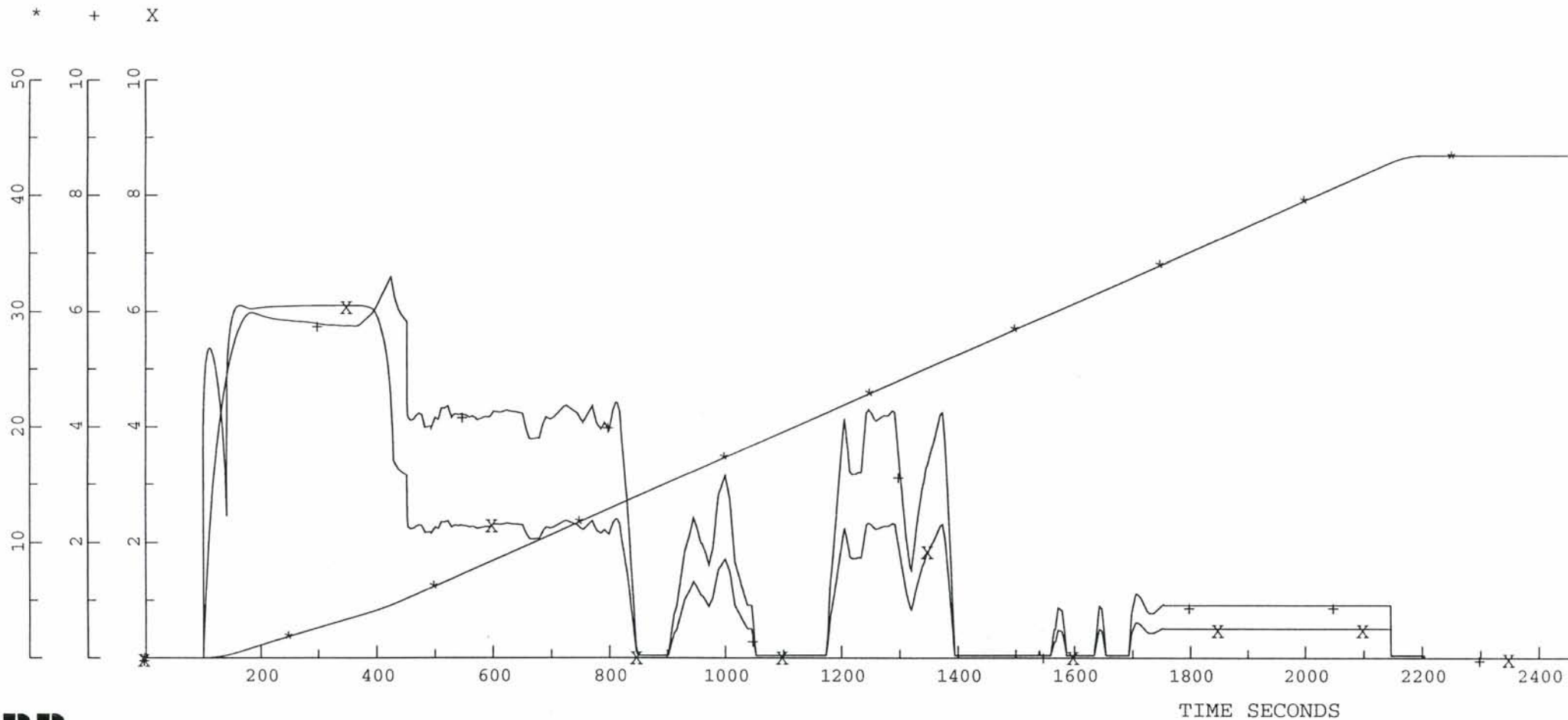
DIAGRAM 6

SIMPOW™

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

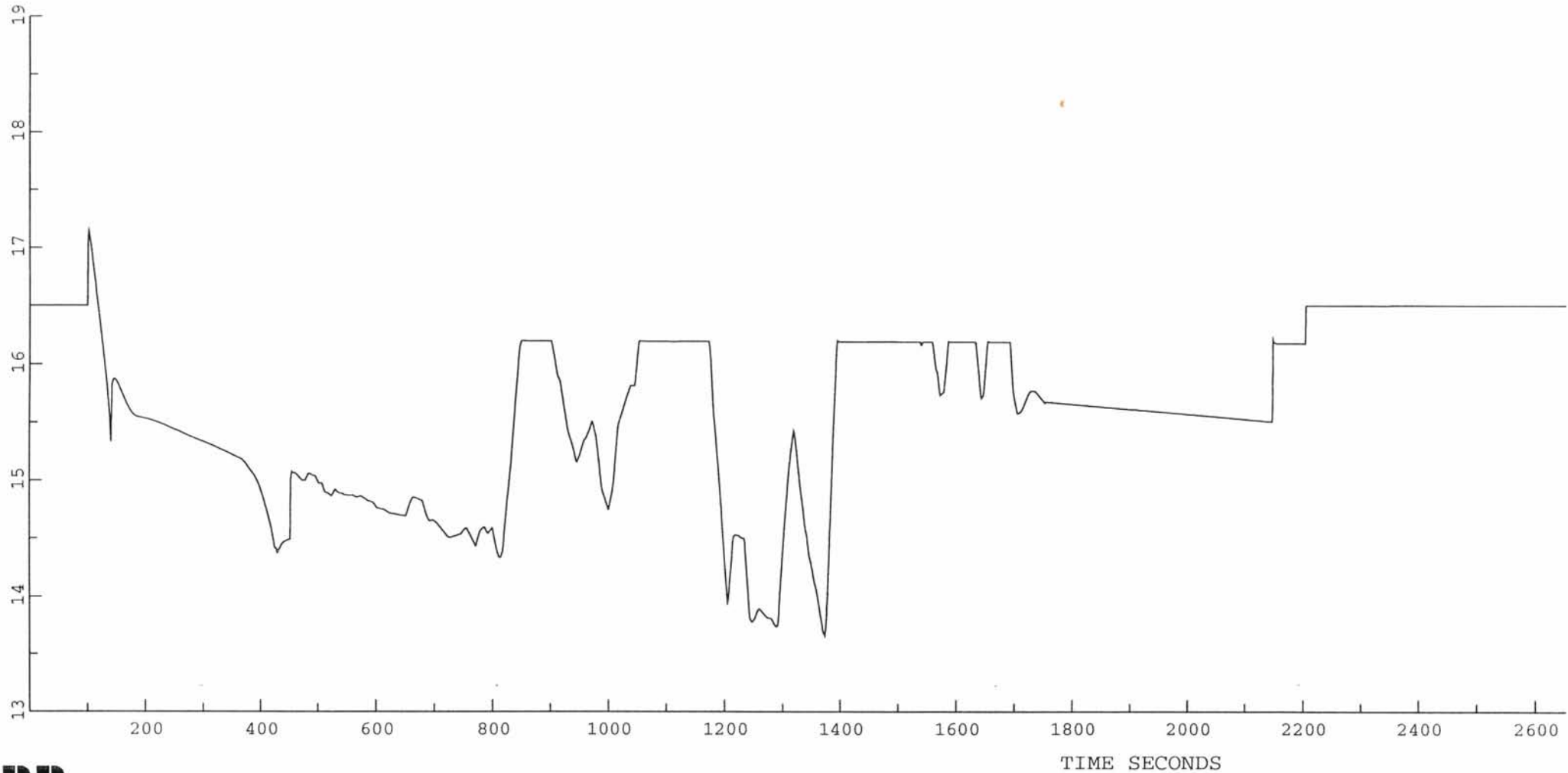
\*=LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH  
+=LOAD X2TOKORN 0 P  
X=LOAD X2TOKORN 0 Q



!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

NODE X2TOKORN U KV



JOB OSTF

DATE 2 SEP 1998 TIME 11.35:08

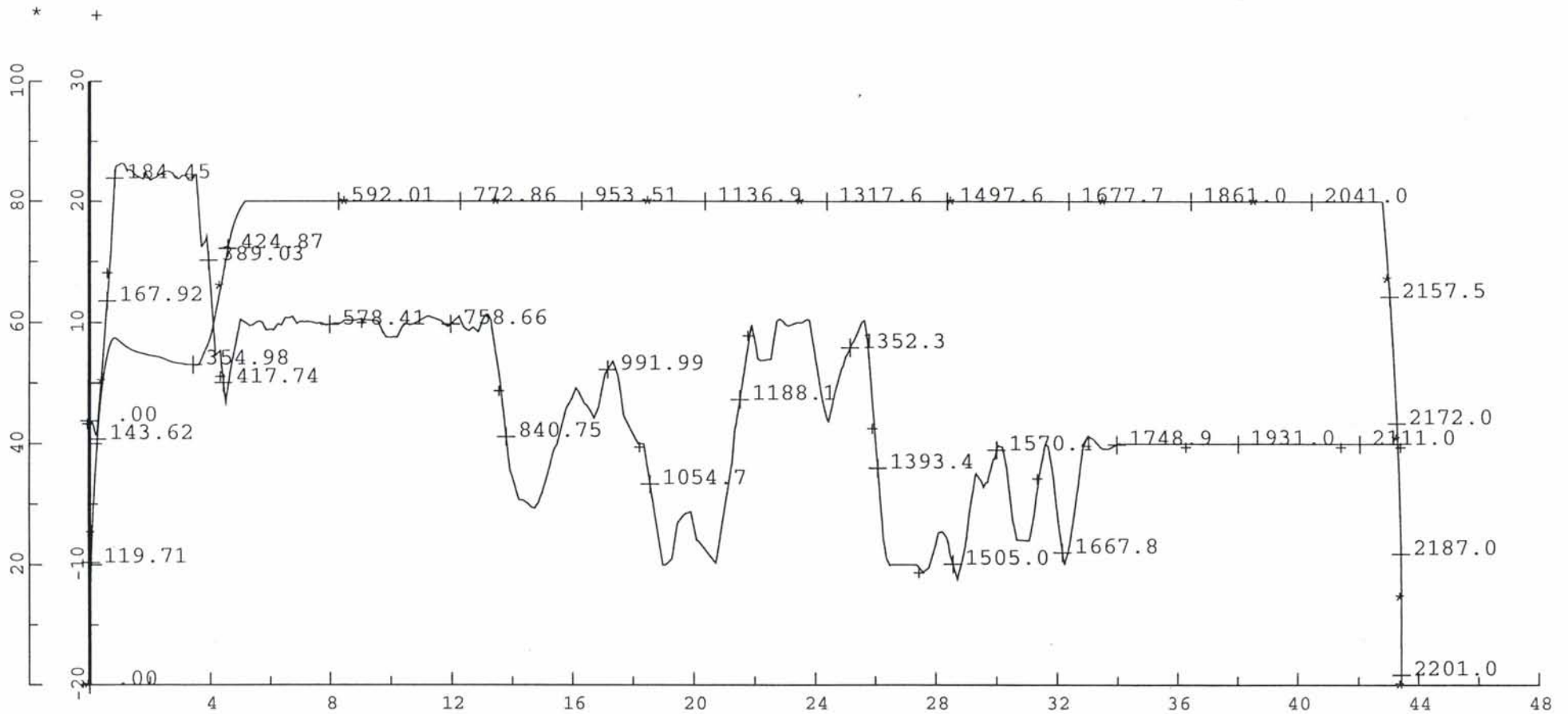
DIAGRAM 2

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

\*=LOAD X2TOKORN 0 SPEED

+ =LOAD X2TOKORN 0 GRAD



LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH



JOB OSTF

DATE 2 SEP 1998 TIME 11.35:08

DIAGRAM 6

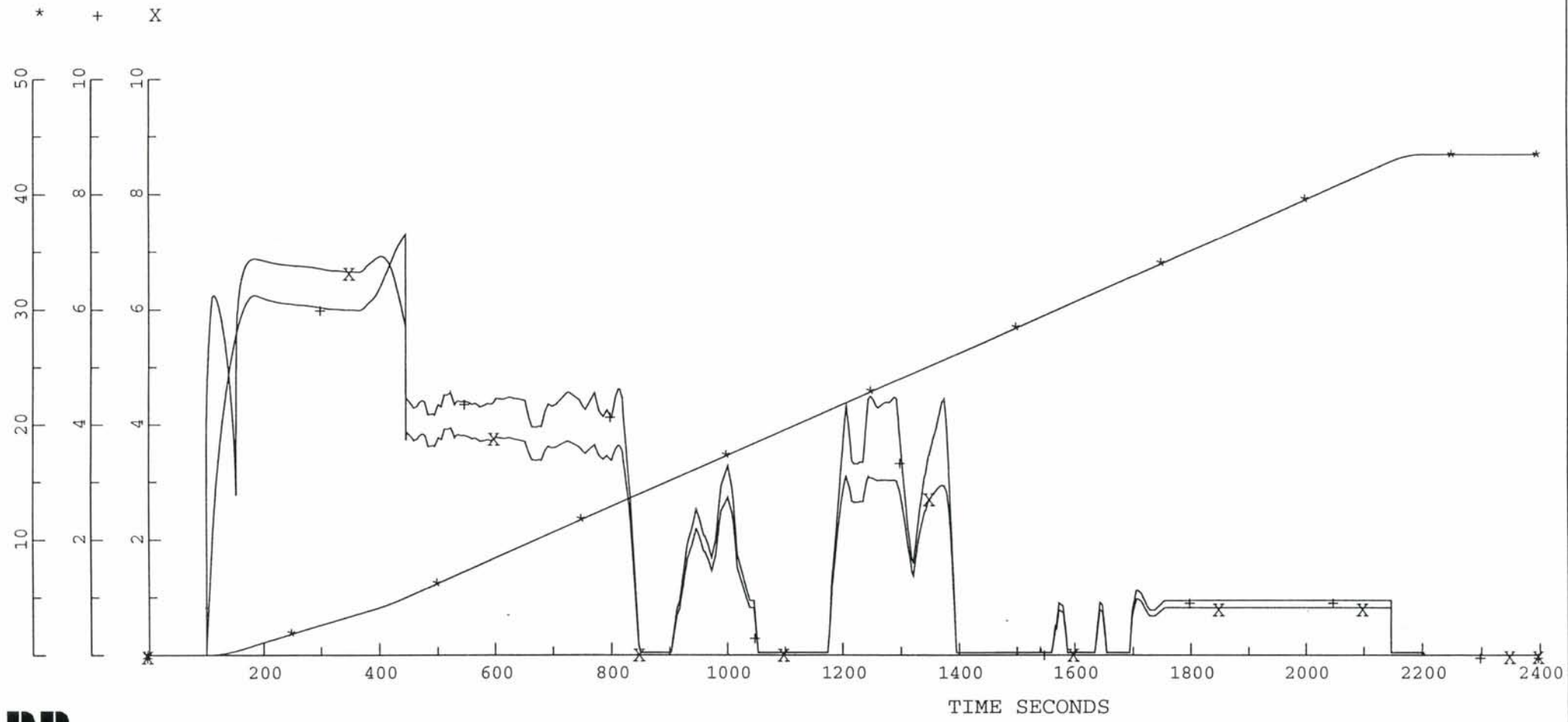
SIMPOW™



!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

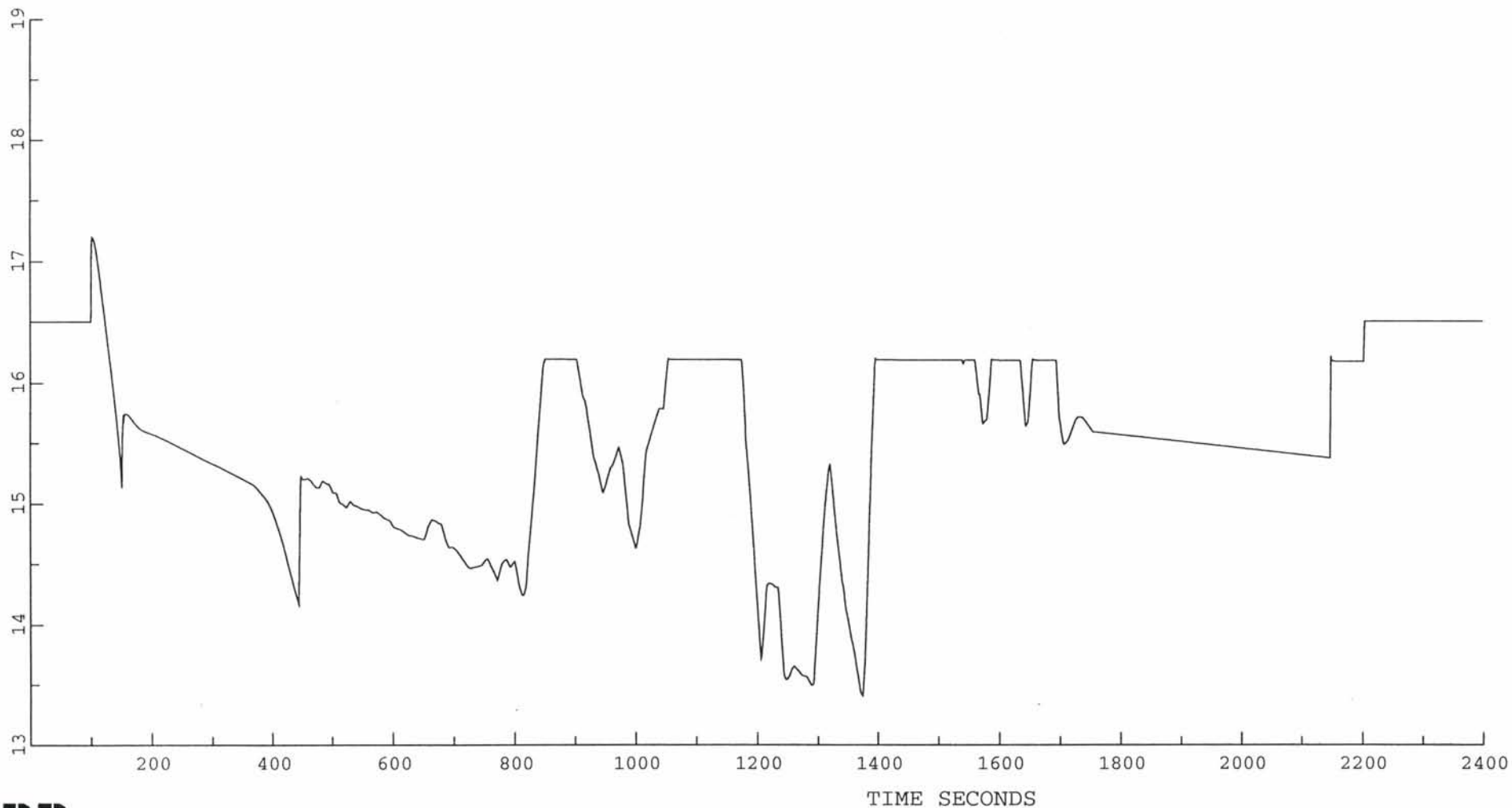
\*=LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH  
+=LOAD X2TOKORN 0 P  
X=LOAD X2TOKORN 0 Q



!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

NODE X2TOKORN U KV



13 14 15 16 17 18 19



JOB OSTF

DATE 2 SEP 1998 TIME 12.18:56

DIAGRAM 2

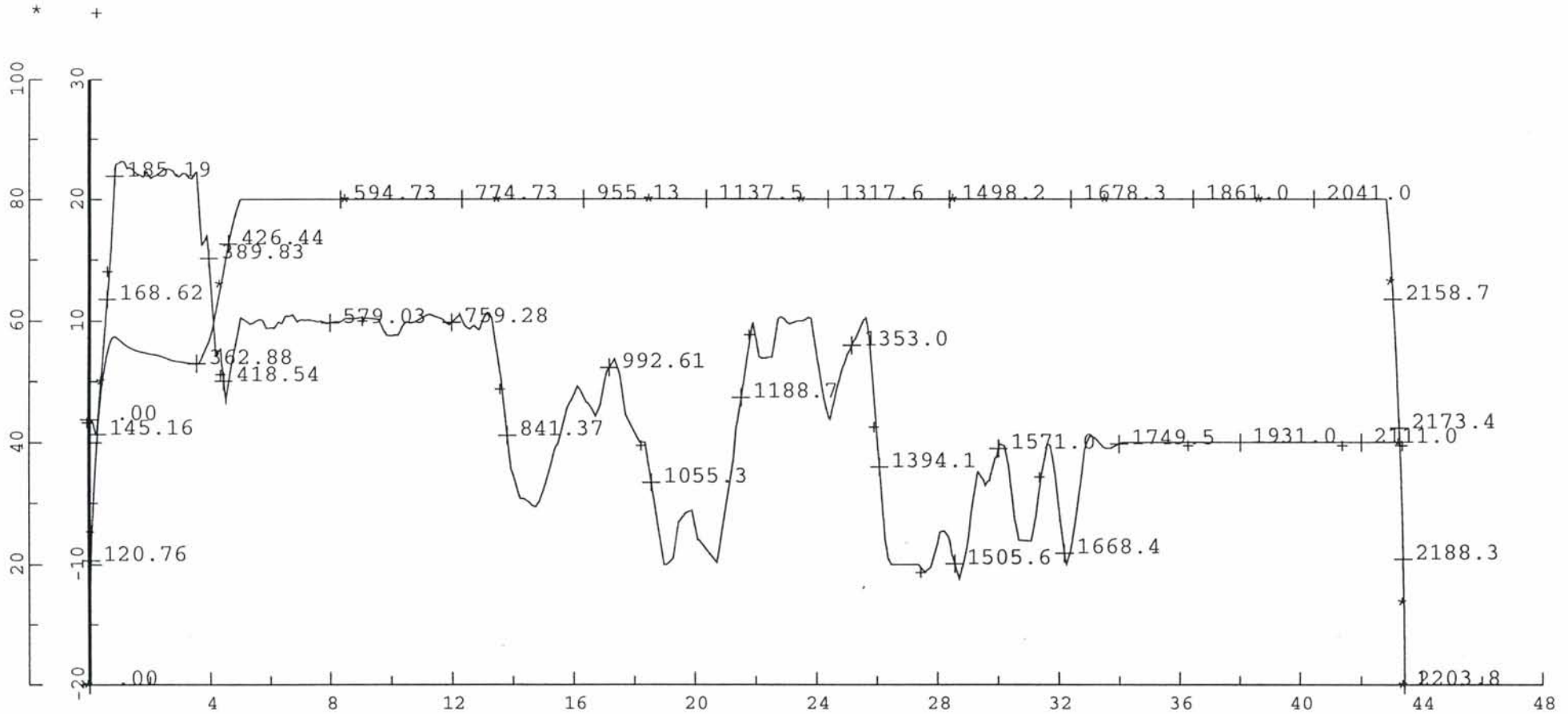
SIMPOW™

!!!! Data from: line 1 "tmp\_cpp\_file1"

Undersøkelse av spenningsforhold

\*=LOAD X2TOKORN 0 SPEED

+ =LOAD X2TOKORN 0 GRAD



LOAD X2TOKORN 0 TLENGTH



JOB OSTF

DATE 2 SEP 1998 TIME 12.18:56

DIAGRAM

6

SIMPOW™

# JBV Ingeniørtjenesten

Et ledende senter for kunnskap og erfaring i jernbaneteknikk

Ingeniørtjenesten er en egen forretningsenhet i Jernbaneverket. Vi tilbyr rådgivende ingeniørtjenester innenfor et vidt spekter av fagfelt knyttet til jernbanens infrastruktur.

Dyktige medarbeidere som "kan jernbane" gjør at vi framstår som en attraktiv og konkurransedyktig samarbeidspartner, både ved begrensede oppgaver med krav til spesialkompetanse og ved store tverrfaglige prosjekter.

Vi benytter en prosjektrettet arbeidsform for gjennomføring av alle typer oppdrag. Kvalitet settes i fokus i alle ledd og prosesser etter et eget utarbeidet kvalitetssystem basert på ISO 9001.

Våre hovedoppdragsgivere er de andre enhetene i Jernbaneverket. I tillegg utfører vi oppdrag for eksterne oppdragsgivere hvor NSB BA og NSB Gardermobanen AS sammen med totalleverandører og rådgivende ingeniørfirmaer er de viktigste.

Ingeniørtjenesten har ca. 135 ansatte (1997), hvorav 5 er knyttet til vår avdeling i Trondheim. Ved større prosjekter inngår vi samarbeidsavtaler med underleverandører etter behov.