

## TEKNISK RAPPORT

**Projekt: Konstruktion och uppbyggnad av provhall för genomföringar hos ABB Components Ludvika**

### Specifikation av jordningssystemet för högspänningshallens golv (noll-potential system)

#### 1. Högspänningshallens golv

Högspänningshallens provområde skall förses med ett jordningssystem (noll-potential system) och ett system för jordning av stötprovningsskretsar, vilken också skall dimensioneras för transienta strömmar. Nollpotential systemet skall försäkra att farliga transienta överspänningar inte förekommer i byggnaden och tillhörande installationen i laboratoriet, medan återföringssystemet för stötströmtransienter skall skapa bra förutsättningar för mätning och utskrift av impulser under högspänningsprov. Det betyder att kraven på nollpotential system refererar till låg jordningsresistans i nätfrekvens området 50 Hz, medan återföringssystemet för stötström kräver låg induktans vid högre frekvenser. Nollpotential systemet skall separeras elektriskt från det inkommande nätets säkerhetsjordning och vara elektriskt isolerat från det övriga matningssystemet som vatten, luft etc.

#### 2. Principiell konstruktion av nollpotential systemet

Det rekommenderas att konstruktionen av nollpotentialsystemet i princip är likadan som en jordning av en kraftöverföringsstation (ställverk).

De viktiga delarna av jordningssystemet är ett antal homogena metallstänger som drivs vertikalt ner i jorden och kopplas samman med kraftiga kopparkablar nedgrävda i marken. Detta system i nätform skall täcka en del av golvets yta. Den totala jordningsresistansen av ett sådant system kopplat i nätform skall bli mindre än 5 ohm, Desto lägre resistans hos systemet desto bättre blir störundertryckningen under mätningar.

#### 3. Utvärdering av markens resistivitet

Markens resistivitet vid platsen för byggnaden har ännu inte mätts. För exempel beräkning av nollpotentialsystemets jordresistans har vi valt en genomsnittlig resistivitet av 50 ohm/m vid ett markdjup av 4-20 m.

## 4. Resistans av ett jordningsspett

Jordningsspettets resistans är beroende av längden L och dess diameter d. En formel som normalt används för beräkning är

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{d} - 1 \right)$$

P = resistivitet i ohm/m

L = längd i m

d = diameter i m

För den aktuella installationen har vi valt 9 m långa spett med 6,5 m effektiv längd och en diameter av 16 mm. Den effektiva längden har valts som den del av spettet beläget under ett djup av 4 m där vi kan anta stabila förhållanden i markresistivitet.

Beräknad med en jordresistivitet av 50 ohm/m blir jordningsresistansen hos ett enskilt jordspett ca 8 ohm.

Alltså måste systemet byggas upp av mer än ett spett i parallell för att nå ett värde under 5 ohm. För den aktuella installationen bör en total jordningsresistans av mindre än 2 ohm kunna uppnås relativt enkelt.

## 5.1 Högspänningshallens nollpotential system

För att täcka de centrala delarna av högspänningshallens golv föreslås ett system av 10 spett med ett inbördes avstånd av 7 m.

Relationerna mellan ett spett i en grupp av 9 spett med 7 m avstånd till varandra och resistansen av ett ensamt spett är en faktor av 1,45.

Beräknad med resistansen av ett 6,5 m långt, 16 mm diameter spett blir resistansen av den parallellkopplade gruppen  $8 \times 1,45/9 = 1,30$  ohm

Den nedgrävda oisolerade kopparkabeln som förbinder spetten kommer att reducera den totala resistansen ytterligare.

Den ungefärliga placeringen av spetten framgår av elritningen.

**Notera.** Layouten kan naturligtvis modifieras för att passa de lokala kraven mera optimalt.

## 5.2 Praktiskt utförande

Det föreslås att man först driver (borrar) ner de två hörnspetten, vardera 9 m långa, och sedan mäter resistansen hos vardera spetten. Med ett avstånd av ca 20 m mellan spetten kan den uppmätta resistansen tas som giltig ett enkelt spett och det förväntade värdet komma på 10 ohm eller lägre. Om man finner att de två jordspetten har en jordresistans i området 5-10 ohm så kan man fortsätta med övriga spett i jordsystemet (noll-potential systemet) som planerat. Om resistansen däremot är 12 ohm eller högre för ett enkelt spett skall man försöka med en förlängning av spetten med ytterligare 3 m.

### 5.2.1 Parallell anslutning av spetten

Jordspetten skall kopplas i parallell med bar kopparkabel (185 mm<sup>2</sup>). Anslutningen av kabeln till spetten skall utföras genom svetsning (exothermite svetsning). Varje spett ansluts till alla andra spett belägna närmast runt om, så att ett nät bildas. Spetten blir då placerade i nätmaskornas hörn. Se elritning.

### 5.2.2 Anslutning mellan noll-potential systemet och stötströmsåterledningssystemet

Nollpotential systemet skall anslutas till golvet's kopparnät (stötströmsåterledningssystemet) med ett antal vertikala isolerade kopparkablar 120 mm<sup>2</sup> placerade vid varje jordspett. Kablarna skall vara isolerade från betongsulan i golvet och ingen anslutning får finnas till golvet's stålarmring.

Detaljutförande av anslutningen till golvet's kopparnät finns beskrivet i specifikationen för stötströmsåterledningssystemet, dokument 31095-2.

## 6. Jordspett

### 6.1 Korrosionsproblemen

Notera. Det är viktigt att konsultera tillverkaren/leverantören av spetten så att materialet i spetten (rostfritt stål) kan anslutas till kopparkabel utan risk för korrosion. Om korrosion inte kan uteslutas måste jordspett av solid koppar användas.

### 6.2 Typ av jordspett

Om markförhållanden tillåter skall jordspett väljas som man kan driva ner i marken med en motordriven lufthammare. Om däremot det finns berg i marken så måste hål borraras och spett sänkas ner och fixeras (anslutas) i borrhålet med speciell vulkanlera.

För det praktiska utförandet av jordningen rekommenderas att varje spett är uppbyggt av antingen 3 enheter vardera 3 m långa eller alt. 7 enheter 1,2 m långa. Om spetten skall drivas ner i marken så är det nedersta försett med en stålspets för att förenkla neddrivningen. Den

# HIGH VOLTAGE AB

---

totala längden av ett spett blir ca 9 m och dess övre ände hamnar då på ett djup av ca 1,5 m under den förväntade golvnivån.

## 7. Jordningsnätets kabelsystem

Som nämnts tidigare skall oisolerade kopparkablar nedgrävas i marken och bilda ett nät med anslutning till jordspetten. Jordningskabeln skall vara av ren koppar med en area av ca 240 mm<sup>2</sup>. Kablarna svetsas samman i varje hörn/korsning. Dessutom ansluts den isolerade kopparkabeln 120 mm<sup>2</sup> vid varje spett för vertikal anslutning upp till golvets kopparnät. Principen visas i bifogad skiss 31095-6pdf.

## 8. Svetsning av koppardetaljer i jordsystemet

För att uppnå en långvarig och tålig anslutning mellan de olika delarna i jordningssystemet skall dessa svetsas samman. En praktisk och välprovad metod är CADWELD-metoden för elektriska anslutningar. Det rekommenderas att CADWELD-metoden används eftersom detta innebär en molekylär anslutning (hopsmältning) mellan svetsmaterialet och spettets/kabelns metall. CADWELD är produktnamnet hos ERICO och FURSEWELD är en liknande metod från FURSE.

Bilagor: 31095-2 specifikation  
31095-5 jordningsdon  
31095-6 spett och linor  
31095-7 spett  
31095-8 nät  
31095-9 jordningsnät  
31095-10 layout jordningsdon

## TEKNISK RAPPORT

**Projekt: Konstruktion och uppbyggnad av högspänningsprovrum för genomföringar vid ABB Components Ludvika**

### Specifikation av jordningssystem att installeras i provhallens golv

#### 1. Allmänt

Golvet för högspänningsprov skall förses med en elektromagnetisk skärm (kopparnät) som provkretsen och provobjektet kan anslutas och jordas till under prov. Jordningssystemet skall också fungera som en låginduktiv strömåterföring för strömtransienter skapade av provkretsen under prov med stötspänning eller urladdningar från andra högspänningsprov.

Ett bra konstruerat jordningssystem i provhallen medför också att mätfel och farliga överspänningar i instrument kan reduceras.

Golvets metallskärm skall alltså konstrueras och installeras för att fungera som elektromagnetisk skärmning och stötströmsåterledning.

#### 2. Allmänna krav och specifikationer

Följande allmänna krav gäller för golvets skärm:

- Hög konduktivitet
- Ej "järnhaltig" metall för att undvika en ökning av induktansen
- Tillåta ingjutning i golvet (betong eller epoxy)
- Lätt att sammanfoga och arrangera elektrisk kontakt till byggnadens nollpotential system
- Lätt att installera kontaktdon i golvet för anslutning till högspänningskretsen (provkretsen)

I de flesta moderna högspänningslaboratorier består golvskärmningen av ett kopparnät ingjutet i golvytan. En vanlig förekommande lösning är att använda så kallat expanderat metallnät. Denna metod föreslås för högspänningsgolvet och kontrollrummet och följande grund specifikation för golvnätet skall gälla.

- Metallnätet skall vara av koppar

# HIGH VOLTAGE AB

---

- Storleken av maskorna och ledningsarean skall väljas för att tillfredsställa kraven i figur 1, dokument 31095-8 där ledningsarean (CxD) ges som en funktion av maskstorleken (kvadratroten av AxB)

## 3. Allmän information och krav på installationen av golvskärmningen

Som nämnts ovan så skall golvskärmen (kopparnätet) gjuta in i golvet relativt nära den slutliga golvytan.

Beroende på golvets allmänna krav och det transportsystem av tung utrustning på golvet som valts, skall golvet och placering av kopparnätet konstrueras.

### 3.1 Epoxybelagt golv

I moderna högspänningslaboratorier används idag för transport av tunga laster normalt ett luftkuddesystem som kräver att golvet har ett toppskick av epoxy för att förhindra läckage av luft mellan luftkudde och golv.

I ett sådant fall är den bästa metoden att installera kopparnätet att använda ett rullvalsat expanderat kopparnät som fästes mot betongytan och sedan täcks av ett epoxylager.

Luftkuddetransporter kräver en jämn, slät och vågrät yta. Om betonggolvet kan läggas med den nödvändiga precisionen kan sedan epoxy toppskicket begränsas till en tjocklek av mindre än 10 mm.

### 3.2 Betonggolvet

Om det saknas krav på luftkuddetransport så kan golvet utföras som ett målat betonggolv. Då skall kopparnätet ingjutas i betongen och golvet måste gjas i två steg för att tillåta installation och elektrisk förbindning av kopparnätet.

### 3.3 Allmänna regler för installationen

Följande krav och regler gäller för all installation av stötströmsåterledningssystem (kopparnätet)

- Nätet skall förläggas nära golvytan och vara elektriskt isolerad från betongsulans armeringsnät (stål). För att säkerställa den elektriska separationen och att reducera påverkan av induktansen mellan kopparnätet och armeringsnätet så rekommenderas ett avstånd av min. 50 mm mellan dessa.
- Normal finns det expanderade kopparnätet tillgängligt i form av plåtar och det är därför nödvändigt att skarva (elektrisk skarv) regelbundet. Som en allmän regel kan man säga att näten (plåtarna) skall förbindas med 50% intermittens längs alla sidor. Detta visas också i skiss 31095-8, -9 bifogad.

# HIGH VOLTAGE AB

- Förbindningarna skall utföras genom lämplig svetsningmetod (hårdlödning). Där det är svårighet att direkt ansluta nätets "trådar" mot varandra kan man använda extra koppartrådar (eller delar av nät). Speciellt om kopparnätet skall gjutas in i epoxy så bör det inte finnas någon överlappning vid skarvning av plåtarna (näten).
- Nätet skall täcka hela golvet i provhallen och kontrollrumsgolvet.
- Om väggarna byggs med ett betongfundament så läggs golvets kopparnät upp på väggytan så att det har överlapp med väggens skärmning.
- Kopparnätet skall anslutas till väggens skärmning enligt K-ritning .

## 3.4 Anslutning av nollpotential jordningssystem

Nollpotential jordningssystemet skall anslutas till stötströmsåterledningssystemet med vertikala kopparkablar 120 mm<sup>2</sup>. Kablarna placeras på samma jämna avstånd som används för jordspetten. Anslutningen mellan 120 mm<sup>2</sup> kabeln och kopparnätet utföres genom svetsning (hårdlödning) på en sträcka av min. 500 mm mot kopparnätet. Principen visas i fig. 31095-6pdf

Kabelns isolation skyddar mot kontakt mot betongens armering. Om oisolerad kopparledare används så förläggs ledaren i rör för att undvika kontakt mot betongplattans armering.

## 3.5 Jordanslutning i provhallen

Provhallens innergolv skall förses med anslutningsdon av metall som tränger igenom golv-  
ytan. Dessa jordningspunkter används för anslutning (jordning) av prov- och mätkretsar och provobjekt.

Jordningsdonen konstrueras med ett gängat hål för anslutning och skall vara mekaniskt förbundna till golvet genom ingjutning i epoxy. Jordningsdonet skall också vara anslutet till kopparnätet med svetsade (hårdlödda) plåtremsor.

Det är viktigt att påpeka att ett stort antal jordningspunkter kommer att förenkla uppställningen av en provkrets, ge en högre flexibilitet och också reducera störningar i mätkretsarna uppkomna av olämpliga jordanslutningar.

## 4. Utförande av aktuell stötjordningssystem för ABB Components

### 4.1 Specifikation av Cu-nätet

Det rullvalsade Cu-nätet som används som stötjordningsretursystemet kan levereras i nät med följande specifikation:

Material	Expanderad kopparplåt, 99,9%
Dimension:	1 x 5 m (+)
Maskstorlek:	26 x 51 mm
Ledararea:	1,1 x 3 mm
Total kvantitet:	ca 3000 m <sup>2</sup>

Detta kopparnät överensstämmer med kraven specificerade i fig. 1 bilagt (31095-8.pdf)

## 4.2 Specifikation av jordningsdonet

Jordningsdonet består av ett sexkantigt mässingstycke med dimensionerna 55 mm bredd och 45 mm höjd. Donet är försett med ett M12 gängat hål avsett för den elektriska anslutningen ovan golv och fyra (4) kopparband 25 x 1,5 mm, L=ca 200 mm fastsatta undertill. Konstruktionen visas i ritning 31095-5pdf.

Totalt antal ca 96

## 4.3 Föreslagen layout för jordningsdonen i provhallens golv

Det föreslås att i stort sett hela golvytan täcks av jorddonen. Förslagsvis placeras donen i ett fyrkantsmönster 5 m x 5 m med den yttre raden ca 2 m från väggarna. Redovisas på K-ritning.

## 4.4 Förberedelser av betonggolvet

### 4.4.1 Golvytans nivå

Eftersom kopparnätet skall installeras ovanpå betonggolvet och slutligen täckas med epoxy så är det viktigt att golvet nivå och toleranser är noggranna för att få en rimlig tjocklek av epoxylagret.

Normalt behövs en tjocklek hos epoxylagret av 4 mm vilket skulle medföra en max tjocklek av 10 mm om toleranserna specificerade nedan kunde innehållas.

Toleransen skall jämföras med epoxylagrets tjocklek vilket visar att en tolerans av  $\pm 3$  mm är för stor för ett epoxylager på 6 mm med tanke på att kopparnätet har en tjocklek av 1,1 – 1,2 mm med en liten tolerans i jämnhet över ytan 1 x 5 m. Det är dessutom absolut nödvändigt att toleranserna inte blir summerade eftersom epoxyn normalt är självutjämnande. Betonggolvet yta nivå mäts över hela ytan och korrigeras (slipas) så att en jämnhet av bättre än  $\pm 3$  mm erhålles.

### 4.4.2 Förberedelse av jordningsdonen

Jordningsdonen skall monteras i hålborrade i betonggolvet yta. Hålens diameter bör vara min. 75 mm och min. 50 mm djup.

Jordningsdonet skall monteras med överdelen (M12 hålet) stickande upp genom epoxy-toppskiktet. Det rekommenderas att donet fixeras mekaniskt med övre ytan ungefär 1 mm



# HIGH VOLTAGE AB

över den slutgiltiga epoxyytan. Fyra spår bör också tas upp i betonggolvet (35 mm bredd, djup 3 mm, längd 500 mm) för att ge plats åt jorddonets fyra kopparband.

## 4.4.2.1 Förberedelser av de uppgående 120 mm<sup>2</sup> kablarna från jordningssystemet

Kablarna som med nedre ändan är anslutna till jordningsspetten och med övre ändan går upp genom betonggolvet skall förberedas för anslutning till kopparnätet. Kabelisolationen avlägsnas över betonggolvet yta och ledaren delas upp i 8 sektioner. Dessa sektioner skall ha en längd av ca 1 m och spridas ut i alla riktningar (45° mellan sektionerna), så platt som möjligt ovanpå betonggolvet yta. Eventuellt tas spår upp i betongen för varje sektion.

Efter läggningen av kopparnätet (ovanpå) skall kabel sektionerna förbindas med kopparnätet genom TIG svetsning. Varje kabelsektion svetsas i punkten med max 100 mm avstånd från varandra (ca 10 punkter för varje kabelsektion).

## 4.5 Installation av kopparband

### 4.5.1 Allmänt

Kopparnätet, som också blir en del av provhallens elektromagnetiska skärmning, skall täcka hela golvet inklusive kabelkanaler och golvet under kontrollrummet.

Längs de fyra väggarna, inklusive dörrarnas trösklar, skall kopparnätet dras upp ca 100 mm på väggen. Denna skall senare anslutas till väggens skärm. Det rekommenderas att kopparnätet på väggen förses med ett skydd mot mekanisk åverkan.

### 4.5.2 Installation av kopparnät och jordningsdon

Följande procedur rekommenderas:

- Placera jordningsdonen i borrhålen och böj ner kopparbanden i golvets spår (jämnt med golvytan, ej uppstickande)
- Placera kopparnäten sida mot sida utan överlappning och fixera näten med ett tunt lager av epoxyprimer (100% epoxy) som lim mot betongytan. Notera. Ingen epoxy appliceras längs sidoskarvarna eller vid jordningsdonen och jordningskabeln (stjärna) där TIG svetsning skall göras.

Alla elektriska anslutningar skall utföras med TIG svetsning och följande principiella regler gälla:

#### Anslutning mellan kopparnäten

Den önskade 50/50% anslutningen mellan kopparnäten kan utföras på kortsidan genom att svetsa tre (3) punkter (trådar) efter varandra (ca 100 mm längd), lämna sedan tre (3) öppna – sedan 3 svetsade osv.

Långsidorna svetsas på samma sätt vardera 100 mm vilket blir fem (5) svetsade trådar följande av fem (5) öppna osv.

Kopparremсор kan läggas till för hoplappning i de fall som maskorna inte passar ihop exakt längs sidorna.

## Jordningsdonen

Eftersom jordningsdonets övre sida skall sticka upp genom golvytan så måste ett hål klippas i kopparnätet mitt över donet. Jordningsdonet måste justeras i höjd så att det når ca 1 mm över den slutgiltiga epoxy golvytan. Efter justering så fylls mellanrummet runt om med epoxy för slutgiltig fixering.

Efter det att epoxyn har härdat kan stöden tas bort och arbetet fortsätta med den elektriska förbindningen beskriver här efter. Jordningsdonen fyra (4) kopparband förbinds genom TIG svetsning med 10 svetspunkter mellan kopparnätet och vardera av de fyra (4) kopparbanden över en längd av ca 150 mm.

## 120 mm<sup>2</sup> kabel från jordningsspetten

De stjärnformade åtta (8) sektionerna av kopparkabeln skall vardera svetsas till kopparnätet med min. 10 svetspunkter över 1 m. längd.

## Förberedelser längs väggen

Kopparnätet som är uppvikt längs väggarna enligt K-ritning.

## **4.6 Läggning av epoxygolv**

Efter det att kopparnätet, jordningsdonen och kablarna från jordningsspetten är installerade och förbundna så skall golvet förberedas för läggning av epoxylagret.

Kopparnätet skall fixeras så tätt som möjligt till betonggolvets yta. Om nödvändigt används ytterligare epoxy för att hålla ner kopparnätet.

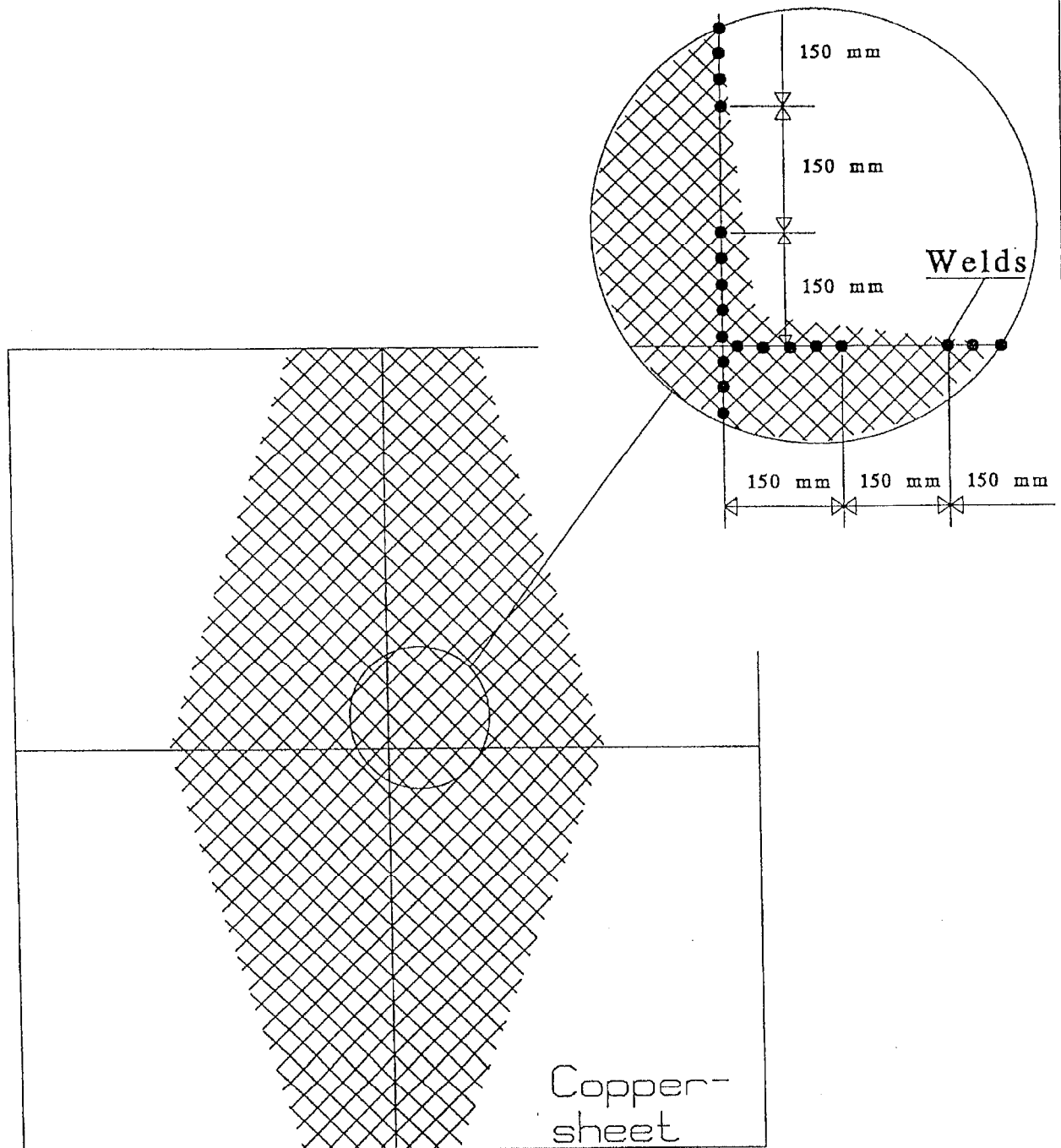
Den normala proceduren för att täcka golvet med epoxy görs i två steg;

- Spruta kopparnätet med epoxy och silica sand och dolomitpulver "filler" till en tjocklek av ca 2-3 mm. Se speciellt till att fylla upp hålen kring jordningsdonen.
- Applicera sedan ett topplager av självutjämnande tunn epoxy försedd med färgpigment och "filler". Tjockleken av topplagret blir ca 3 mm om man förutsätter att betonggolvet kan hållas inom de små toleranser som angetts.

Efter det att epoxylagret har härdat så slipas jordningsdonen av jämnt med golvytan.

# Impulse current return system.

Connection between sheets of  
expanded copper metal



**HIGH VOLTAGE AB**

Ängsgårdegatan 12  
721 30 Västerås

ARBETSNUMMER

HANDLÄGGES AV

DATUM

930921

RITNINGSNUMMER

Fig.2

RITAD AV

RP

SKALA

BLAD

1

REV.