

# Analys av fördelningssystem i distributionsnätet

Mahmoud Abbas

Examensarbete 25 yhp

Författare: Mahmoud Abbas

Examinator: Cathrine Dånsjö

Jönköping Maj 2021

## Innehåll

<b>Sammanfattning</b> .....	3
<b>Nyckelord</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
<b>Syfte &amp; mål</b> .....	5
<b>1 Introduktion</b> .....	6
<b>1.1 TN-system</b> .....	6
<b>1.2 Avgränsningar</b> .....	7
<b>2 Bakgrund</b> .....	7
<b>3 Teori</b> .....	8
<b>3.1 TN-C</b> .....	8
<b>3.2 TN-S</b> .....	8
<b>3.3 TN-C-S</b> .....	9
<b>4 Nackdelar</b> .....	10
<b>4.1 Vagabonderande strömmar</b> .....	10
<b>4.1.1 TN-C</b> .....	10
<b>4.1.2 TN-C-S</b> .....	12
<b>4.1.3 TN-S</b> .....	12
<b>4.2 påverkan av vagabonderande strömmar</b> .....	12
<b>4.3 Övertoner</b> .....	13
<b>4.4 PEN-Ledaravbrott</b> .....	14
<b>4.4.1 Risker med PEN-Ledaravbrott</b> .....	14
<b>4.5 Skydds- och neutralavbrott</b> .....	14
<b>5 Analys av resultat</b> .....	15
<b>6 Diskussion och slutsatser</b> .....	15
<b>Källförteckning</b> .....	17

## Sammanfattning

Diskussionen kring de olika fördelningssystem för jordning har pågått länge. Denna rapport ska visa till en viss grad vilket av systemen TN-C, TN-S och TN-C-S som är lämpligast att bygga ut för lågspänningsnätet i Sverige. Det som tas upp är främst nackdelarna med respektive system som exempelvis vagabonderande strömmar samt deras påverkan. Metoden har varit att samla på information från olika studier och andra informationskällor för att besvara denna fråga. TN-S systemet tycks ofta vara bättre ur ett teoretiskt perspektiv, men det funkar på samma sätt som TN-C i praktiken. Slutsatsen är att ett renodlat TN-S system inte är lämpligt att bygga ut, istället används det bara för specifika delar av en anläggning exempelvis servisledning.

## Nyckelord

Vagabonderande strömmar, Övertoner, magnetfält, Neutralavbrott, Jordningssystem

## **Abstract**

The discussion on the different distribution systems for earthing has been going on for a long time. This report shall show to a certain extent which of the TN-C, TN-S and TN-C-S systems is most suitable to expand for the low voltage grid in Sweden. What is mentioned is mainly the disadvantages of the respective systems such as vagabonding currents and their impact. The method has been to gather information from different studies and other sources of information to answer this question. The TN-S system often seems to be better from a theoretical perspective, but it works in the same way as TN-C in practice. It is concluded that a purely TN-S system is not suitable to expand, instead it is only used for specific parts of a plant, such as service lines.

## **Keywords**

Vagabonding currents, Harmonics, magnetic fields, Neutral interruptions, Earthing systems

## Syfte & mål

Att undersöka TN - S, TN - C och TN - C - S systemen och ge en uppfattning på vilket/vilka system som är lämpligast för lågspänningsnätet. Detta görs genom att göra en utredning på de negativa aspekterna på systemen för att sedan göra en bedömning och svara på frågan.

# 1 Introduktion

## 1.1 TN-system

Nästan alla elektriska system som finns i Sverige idag är de så kallade TN-system, Det finns inga lagliga alternativ till dessa enligt föreskrifterna för distributionsnätet. Entreprenörer har i dag olika synvinklar och åsikter på vilket system som ska vara lämpligast att bygga ut i distributionsnätet. Meningskiljaktigheterna beror på att man tar hänsyn till parametrar som personsäkerhet, kostnader och elmiljö vilket varierar för olika anläggningar. Alla system har sina för och nackdelar och därför används de inte på samma sätt.

## 1.2 Avgränsningar

Examensarbetet innehåller information för TN-systemet och inte de alternativa TT och IT systemen eftersom det är de enda tillåtna jordningssystem för distributionsnätet.

## 2 Bakgrund

Under 1960-talet infördes TN-S system för första gången i Sverige, innan dess hade man TN-C i distributionsnäten. Man var tvungen att övergå till TN-S eftersom på den tiden var nya radiohus på vägen att byggas, därför ställdes krav på hur stark magnetisk fältstyrka som var tillåten. Nu byggdes alla lågspänningsnät som TN-S för att nå upp till kraven.

Servisledningar (ledare från kabelskåpen till en anläggning) var byggda som TN-C fram till 1985, då byggdes mer TN-S, dock inte mycket. Det var inte tills mitten av 1990-talet man skulle ha TN-S på serviceledningar enligt standarden. Många byggde om sina huvudledningar till TN-S på mitten av 80-talet men TN-C var fortfarande dominant. På början av 90-talet började man bygga nästan alla fastigheter som TN-S och det blev dominant i början av 2000-talet.

TN-C har varit den mest utnyttjade jordningsmetoden med tiden eftersom äldre fastigheter och anläggningar var utförda på detta sätt. TN-S system hittas mer i fastigheters ledningar exempelvis, och servisledningar Nya byggnationer inklusive nya distributionsnät, använder sig av TN-S allt oftare eftersom de bör enligt elinstallationsreglerna vara utfört som TN-S (Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

Idag är TN-C-S det mest förekommande jordningssystemet i Sverige, detta beror på att med tiden, har nya föreskrifter tagits i kraft som varit för TN-S systemet. Eftersom de flesta byggnationer är renoveringar, sparas tid och pengar genom att bygga ett TN-C-S system istället för att övergå från TN-C till TN-S

### 3 Teori

#### 3.1 TN-C

I TN-C system som står för (Terra Neutral Combined) vilket betyder att skyddsjord och Neutral ledarna är kombinerade med PEN ledaren. Detta är ett fyrledarsystem som består av tre fasledare och en PEN ledare. I verkligheten ser PEN ledaren gulgrön ut och har blåa markeringar på änderna för att visa att den har både skyddsjord och neutralledarens funktioner. Detta är den mest använda jordningssystem, dock anses det vara ett föråldrat jordningssystem. För moderna anläggningar används TN-C oftast för gatubelysning.

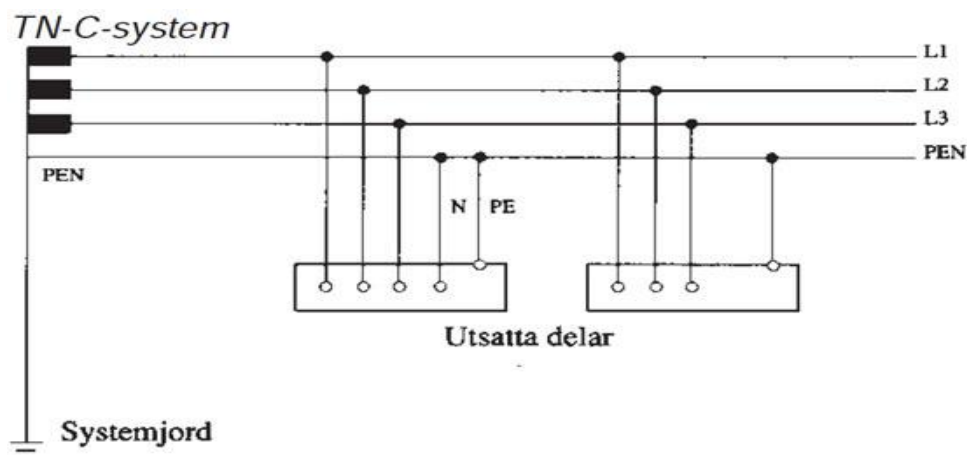


Bild 1: Teoretisk bild av ett TN-C system

(Voltimum.se)

#### 3.2 TN-S

TN-S System står för (Terra Neutral Separated) vilket betyder att skyddsjord och neutralledaren är separerade, denna typ består utav fem ledare till skillnad från TN-C som har fyra ledare. De fem ledarna är de trefasledarna och en skyddsjordsledare och en separat neutral ledare. Se bild 2



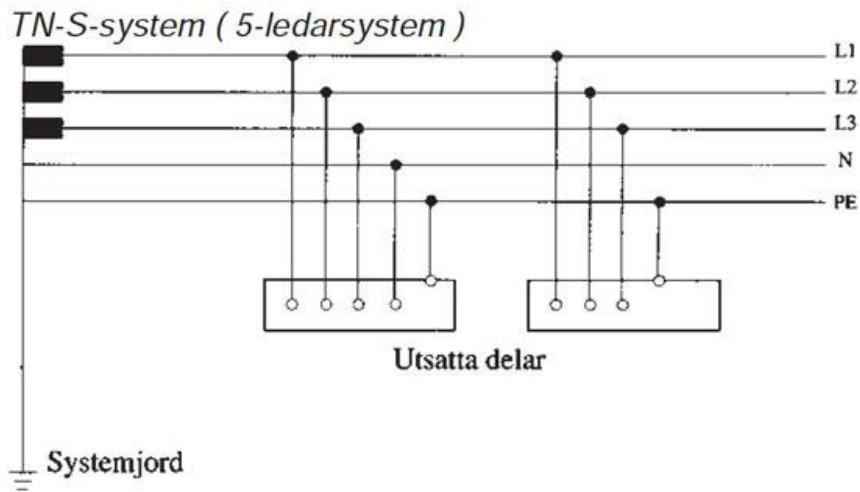


Bild 2: Teoretisk bild av ett TN-s system

(Voltimum.se)

### 3.3 TN-C-S

I TN-C-S system (Terra Neutral Combined Separated) så är skyddsjord och neutralledarna sammanbundna i en del av systemet. Detta är uppbyggt som TN-C i huvudcentralen, men därefter är hela anläggningen utförd som ett TN-S system. Detta anses vara som ett alternativsystem för att försöka hålla en stabil balans mellan kostnader och kvalitet.

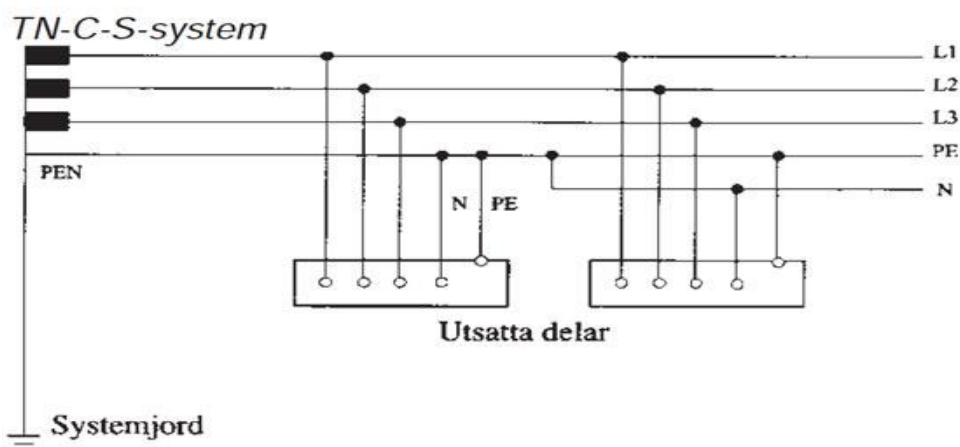


Bild 3: Teoretisk bild av ett TN-C-S system

(Voltimum.se)

## 4 Nackdelar

I rubrik 4 ska de största nackdelarna med de olika TN-systemen redogöras

### 4.1 Vagabonderande strömmar

En vagabonderande ström är en ström som ska returneras till en neutralpunkt genom en PEN ledare på en transformator exempelvis, men istället tar en annan väg igenom t.ex. strömledande rör eller vattenledningar. Vagabonderande strömmar är enligt Raged Alameddine och Sajad Dashtbozorg i sin rapport om för och nackdelar med TN-system (2016), ett exempel på Kirchhoffs första lag som är följande. Summan av alla strömmar in mot en neutralpunkt är lika stor som summan av strömmarna som går ut. De förklarar flera perspektiv att se på vagabonderande strömmar så att fler kan relatera och förstå. Ett exempel är att man kan se strömvägarna som laster på ett klassiskt elektriskt schema med parallella laster. Returströmmen är densamma men strömmen delar på sig beroende på motstånd.

Detta oönskade fenomen uppstår genom att N-ledaren och PE ledaren är ihopkopplade vilket betyder att strömmen har möjligheten att ta en genväg tillbaka till transformatorns neutralpunkt. Vilken väg strömmen för sig, beror på vilken som är lättast, d.v.s. som har minst resistans. Ett vattenledningsrör är oftast grövre och med lägre resistans än kabeln därav är det ett vanligt problem.

(Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

#### 4.1.1 TN-C

TN-C är det mest utsatta systemet för vagabonderande strömmar, utsatta delar är kopplade till jord via PE och PEN ledarna och en apparat som exempelvis en tvättmaskin. Ett exempel från handboken till elinstallationsreglerna (2018) är följande. Eftersom tvättmaskinen har kontakt med jord via vattenledningar, kommer en andel av returströmmen gå via skyddsjords-och neutralskenorna i centralen och till tillbaka till tvättmaskinens utsatta delar.

(Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

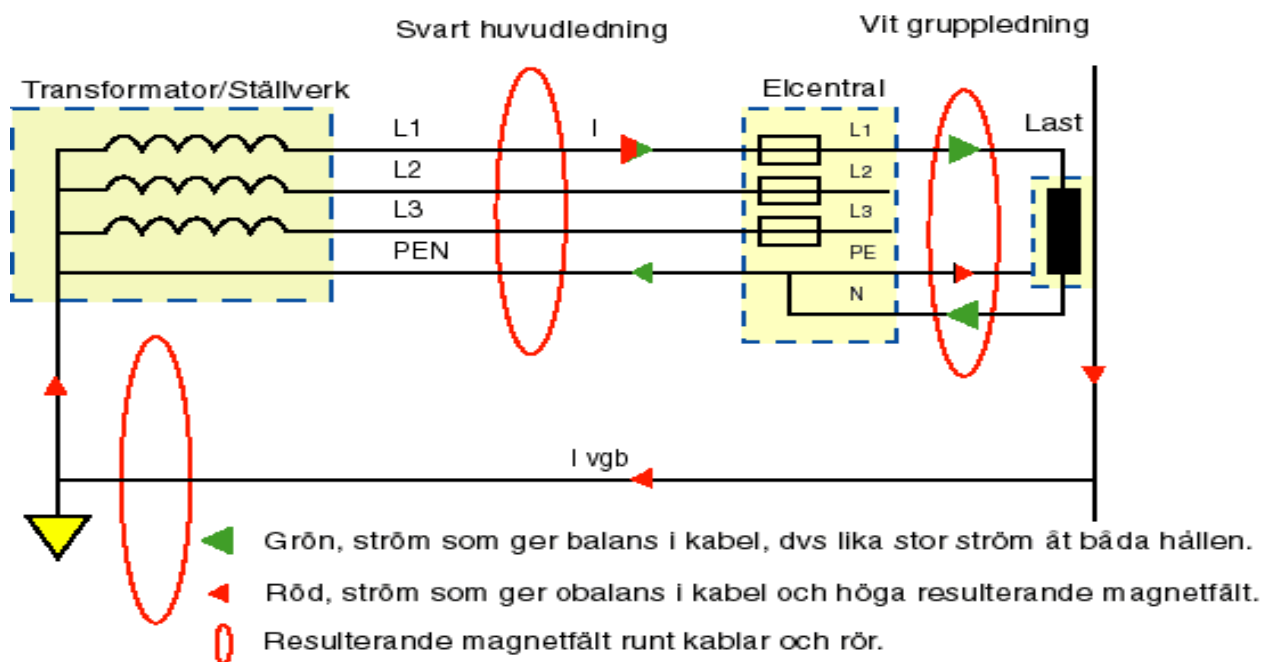


Bild 4: Bilden visar ett mycket vanligt TN-C d.v.s. 4-ledare system som orsakar vagabonderande ström.

(RTK.se)

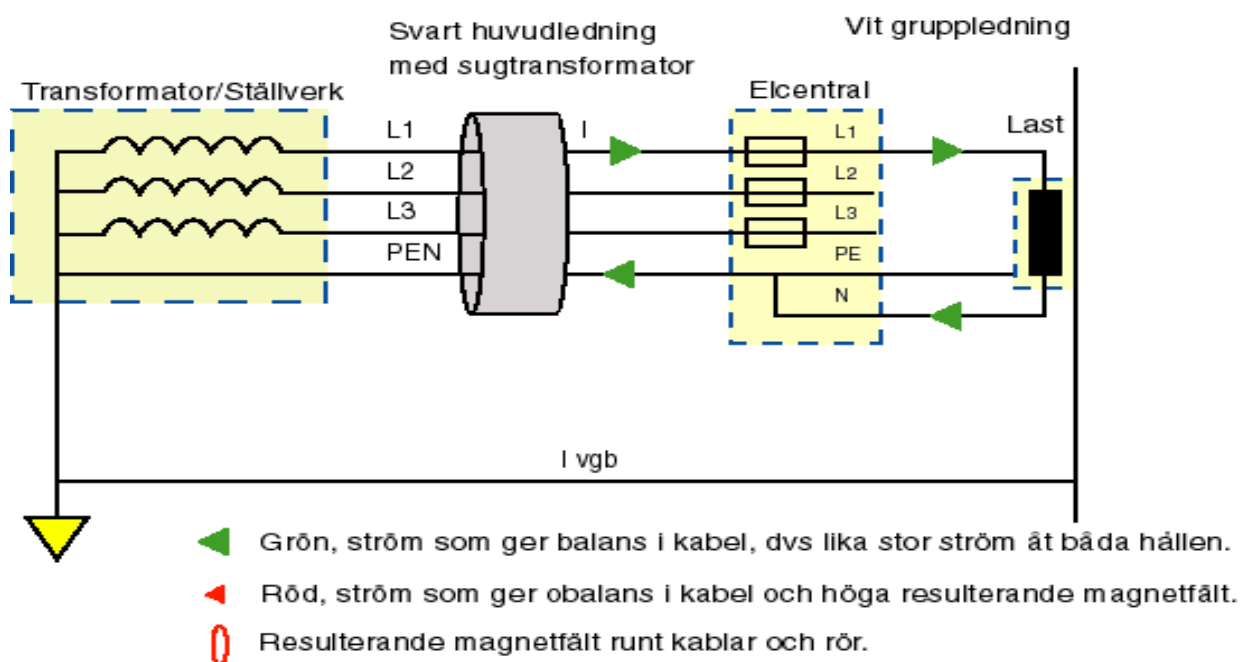


Bild 5 Bilden visar hur man undviker obalanser med hjälp av en sugtransformator

(RTK.se)

#### 4.1.2 TN-C-S

TN-C-S är delvis ett TN-C system, därför är den inte helt skyddad i form av vagabonderande strömmar. Alltså i en del av systemet är skyddsjord och neutralledarna sammanbundna. Här arbetas det ständigt för att minska detta problem, ett exempel på en ordinär reducering är att serviskabeln (ledare från kabelskåpen till en anläggning) kopplas som TN-S. Detta gör att delen som är TN-C blir istället i kabelskåpen som i sin tur leder till att den rutt som den vagabonderande strömmen återleds i, får en ökad impedans.

(Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

#### 4.1.3 TN-S

I TN-S system finns möjligheten att helt enkelt eliminera vagabonderande strömmar. Detta är på grund av att serviskabeln är i form av femledarsystem vilket separerar skyddsjord och neutral kablarna. Neutralledaren är den enda returvägen som strömmen har och kan därför inte vagabondera.

(Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

### 4.2 påverkan av vagabonderande strömmar

Vagabonderande strömmar för inte med sig faror från ett elsäkerhetsmässigt perspektiv men det skapas magnetfält av samma storlek som de magnetfält som finns i kraftledningar (Energiforsk)

Magnetfält uppstår runt om människor konstant, de uppkommer runt elektriska apparater som exempelvis kylskåp, mobiltelefoner och vattenkokare, och kraftledningar. Dessa frambringar elektriska strömmar i kroppen som har möjligheten att inverka på nervsystemet. Magnetfält från t.ex. kraftledningar har möjligheten att öka risken för barnleukemi. (Strålsäkerhetsmyndigheten 2017)

Vagabonderande strömmar skapar störningar i elektriska utrustningar som har möjligheten att leda till höga temperaturer som i sin tur har möjligheten att leda till bränder. Andra skador som galvanisk korrosion kan verka på metaller som följd av elektromagnetiska fält. Därför dras slutsatsen att det är ett mycket säkrare alternativ att skilja på skydds och neutral ledarna, alltså TN-S där alla återledningar av enfasiga laster sker genom neutral ledaren och skyddsjorden används för enbart skydd. (handbok till elinstallationsreglerna 2018).

### 4.3 Övertoner

Elen som produceras i Sverige i dag från kraftverk är sinusformade växelspanningar med frekvensen 50 Hz, alltså är detta Sveriges grundton för el. Övertoner förekommer på grund av olinjära laster, alltså där förhållandet mellan ström och spänning inte är konstant. Detta orsakar störningar i elnätet och har möjligheten att skada utrustning som är anslutna.

I TN-system är strömmen i neutralledaren noll, detta är på grund av att i ett trefassystem, så är belastningen symmetrisk för alla faser. När övertoner börjar ske, blir lasten osymmetrisk vilket leder till att ström passerar genom neutralledaren med väldigt höga frekvenser. Dessa kallas för övertoner och är heltalsmultipler med tre till grundtonen för varje fas. Dessa summeras i neutralledaren, i TN-system tillhör övertonsfrekvenserna 150Hz, 300Hz, 450Hz och så vidare. (Analys av fördelningssystem för bostadshus 2012)

Överton	G-ton	2:a	3:e	4:e	5:e	6:e	7:e	8:e	9:e
Hz	50	100	150	200	250	300	350	400	450
fasläge	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Anledningen till att övertonerna som blir problematiska är heltalsmultipler med 3 är eftersom dessa har fasläge 0, vilket medför att de är osymmetriska och balanserar inte ut varandra, utan adderas i neutral eller PEN-ledaren. En överton har 3 olika egenskaper nämligen, plusföljds-, minusföljds- och nollföljdsegenskap. Dessa syns i tabellen ovanför, där + är medföljd, - är minusföljd och 0 är nollföljdsegenskapen. Alltså blir de osymmetriska övertonerna (nollorna) de övertoner som gör att det uppstår överström i neutral eller PEN ledaren. Storleken på strömmen beror på vilken överton, ju högre desto högre felströmmar. (Elkvalitet på Ringhals 2015)

Eftersom frekvensen summeras i PEN-ledaren, har detta möjligheten att skapa överströmmar vilket i sin tur kan leda till vagabonderande strömmar i TN-C

## 4.4 PEN-Ledaravbrott

PEN-ledaravbrott är en av de farligaste avvikelser i ett elektriskt system. Dessa inträffar i TN-C och TN-C-S system, eftersom en PEN ledare finns i dessa två. PEN ledaren ska dimensioneras för att få så låg impedans som möjligt. Risken är annars att det uppstår ett oacceptabelt spänningsfall vilket har möjligheten att leda till en hög beröringsspänning mellan utsatta delar och skyddsjord. Detta kan i sin tur leda till vagabonderande strömmar. (Elektriska nämnden 2008)

### 4.4.1 Risker med PEN-Ledaravbrott

En stor risk med PEN-ledaravbrott är brandrisker, returströmmen tar inte sin vanliga väg utan hittar alternativa vägar som leder till vagabonderande strömmar som har möjligheten att resultera i bränder. En annan risk för brand kan uppstå ifall ett vägguttag är kopplad till fas, detta kan leda till att uttaget blir spänningssatt upp till 400V

En annan risk är att utsatta delar får en förökad spänningsnivå t.ex. Spänningen mellan ett hölje på en tvättmaskin och jord som kan vara en vattenradiator, har möjligheten att bli spänningsförande på 230V. (Elektriska nämnden 2008)

## 4.5 Skydds- och neutralavbrott

I TN-S kan inte ett PEN-ledaravbrott uppstå av den orsaken att det inte finns en PEN ledare. Däremot finns ett liknande problem i TN-S, nämligen Neutralavbrott. Avbrott på neutralledaren orsakas ofta av att laster seriekopplas mellan faser. Detta leder till höga spänningsnivåer, precis som i ett PEN-ledaravbrott. (Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

Neutralavbrott kan också skapa obalanser i trefasssystemet vilket leder till att spänningen övergår till 400V mellan 2 faser. Det kan också inträffa ett skydds Jordavbrott, detta leder oftast till att apparater blir ojordade vilket i sin tur kan leda till vagabonderande strömmar.

(Analys av fördelningssystem för bostadshus 2012)

## 5 Analys av resultat

Syftet med rapporten är att ge en förtydligad bild på vilket jordningssystem som är lämpligast att bygga ut i distributionsnätet TN-S eller TN-C. För att detta ska redas ut, har faktainsamling ifrån vetenskapliga publikationer som avhandlingar, artiklar och andra vetenskapliga texter använts som förtydligar de naturliga problemen med respektive system.

Efter att ha läst denna rapport kanske man tror att TN-C systemet är det att överge för anläggningar, men så är det inte i verkligheten. Efter att studerat ämnet på ett djupare sätt märks det tydligt att kunskapen kring fördelningssystem för jordning är väldigt limiterad. Det hade varit mycket mer lärorikt och enkelt att kunna intervjua personer med bra kunskap i ämnet.

## 6 Diskussion och slutsatser

På grund av den här kunskapsbristen på ämnet medför det att olika personers åsikter varierar mellan vilket som är bäst, jag tror detta har med hur djupt man söker sig in i ämnet. Det handlar också om vart de olika system passar in bäst, exempelvis enligt svensk standard, skall serviskabeln vara utförd som TN-S. Detta betyder att servisledningen anses fungera bättre än TN-C för just denna kabel. Men TN-S fungerar inte lika bra ifall det var utfört ifrån nätägarens station till kundens anläggning, detta säger Tony Jansson och Joar Johansson från Ellevio Stockholm i en intervju med Raged Alameddine och Sajad Dashtbozorg

En annan sak man tydligt ser efter undersökningen är att vagabonderande strömmar är det största och mest utpekade problemet i TN-C systemet. Detta är till för att förtydliga systemets problem och använda det som ett motargument. Trots detta anses inte detta vara ett stort problem eftersom det finns varierande sätt att minska dessa.

Den enklaste metoden för att minska vagabonderande strömmar är att ställa in en så kallad sugtransformator. Den ser till att nollströmmen vid fel, går ut samma väg som den kom in. Detta är för att hindra strömmen för att gå genom skyddsjorden. (RTK.se)

Det är heller inte dyrbart eller tekniskt komplicerat att hindra vagabonderande strömmar säger Jan Lindholm (MP). Om ett projekt är bra genomtänkt och utfört kan man enkelt förhindra problem som dessa. (Sveriges riksdag 2017)

PEN-ledaravbrott är ett fenomen som inte inträffar regelbundet. Detta är ett problem som skall undvikas då det kan sätta Personssäkerheten på en oacceptabel nivå. Med detta sagt kan man tro att TN-C är något att undvika och övergå till konkurrenterna. Men i verklighet orsakas PEN-ledaravbrott ofta av människofel och installationsfel.

Ett exempel som händer mer regelbundet är att en klämma i kabelskåpet är för hårt skruvad. Vilket betyder att om man jobbar genomtänkt och försiktigt kan detta undvikas. (Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

Även om många anser att TN-S systemet är teoretiskt mer fördelaktigt, kan det inte bara ersättas utan stora konsekvenser.

I en intervju med Tony Jansson och Joar Johansson från Ellevio Stockholm menar Raged Alameddine och Sajad Dashtbozorg att den största anledningen till varför TN-S system inte byggs från nätstation till kundens anläggning är för att det uppstår konflikter med TN-C. Ett exempel som de tar upp är en stor smäll i ett kabelskåp på 90-talet, man hade prövat att installera TN-S distributionsnät. Man vill koppla ihop de olika distributionsnäten i ett område, vilket man gjorde i detta fall. Men på grund av att de har olika fördelningssystem, blev en smäll i ett kabelskåp som konsekvens.

(Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system 2016)

Eftersom största delen av vårt distributionsnät är av fyrledarsystem blir det en enorm utmaning att byta till ett femledarsystem. Det skulle vara väldigt kostsamt och för med sig stora risker och mycket tid. Därför tror jag inte att femledarsystemet är något vi kommer att se i distributionsnäten i framtiden. Vi är i stort sett väldigt skyddade mot strömmar som vagabonderar exempelvis, alla våra apparater i dag är minst dubbelisolerade, alltså tror jag inte att TN-C systemet är ett hot för människors hälsa.



## Källförteckning

<https://energiforsk.se/program/elektriska-och-magnetiska-falt/fragor-och-svar/9-vagabonderande-strommar/#:~:text=En%20vagabonderande%20str%C3%B6m%20uppst%C3%A5r%20genom,till%20den%20matande%20transformatorns%20nollpunkt.> Energiforsk “Vagabonderande strömmar” Hämtad 2021-03-25

<https://www.sugtransformator.se/Vagabonderande-strom.aspx> : sugtransformator.se “Vagabonderande ström” Hämtad 2021-03-29

<https://www.voltimum.se/articles/fordelningssystem> Voltimum.se “fördelningssystem” Publicerad 2010-03-22 Hämtad 2021-04-04

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:911558/fulltext02> Utredning av för- och nackdelar med TN-S respektive TN-C system. Publicerad 2015 Hämtad 2021-04-04

Handbok till elinstallationsreglerna s.27 och 29 Publicerad 2018-08-03 Hämtad 2021-04-07

<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/magnetfalt-och-tradlos-teknik/magnetfalt/>

Strålsäkerhetsmyndigheten “Magnetfält” Senast uppdaterad 2017-08-25 Hämtad 2021-04-07

[https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/\\_H5021684](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/_H5021684) Sveriges riksdag “Vagabonderande strömmar” Av Jan Lindholm (MP) Publicerad 2017-10-13 Hämtad 2021-04-10

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:557447/FULLTEXT01.pdf> “Analys av fördelningssystem för bostadshus” Av Johan Larsson. Publicerad 2012-06-XX’ Hämtad 2021-04-13

<https://rtk.se/category.html/sugtransformator> RTK.se “Sugtransformator” Publicerad Okänd Hämtad 2021-04-15

[https://www.brandskyddsforeningen.se/globalassets/elbesiktning/pdf/faktablad/faktablad\\_en\\_a4\\_avbrott\\_pen.pdf](https://www.brandskyddsforeningen.se/globalassets/elbesiktning/pdf/faktablad/faktablad_en_a4_avbrott_pen.pdf) Faktablad från elektriska nämnden “Risker vid avbrott på PEN-ledaren” Publicerades 2008-05-15 Hämtad 2021-04-15

<https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/220624/1/220624.pdf> “Elkvalitet på Ringhals” Av Olof Carlund och Johannes Johansson. Publicerad 2015 Hämtad 2021-04-10