

Eldistributionsnät med femledarsystem

Femledar- alt. Fyrledarnät

När handboken Eldistributionsnät med femledarsystem skrevs så var den allmänna uppfattningen att TN-S successivt skulle ersätta de tidigare existerande TN-C näten. Gällande Standard, SS 437 01 40 (Anslutning av lågspänningsinstallationer till elnätet) förordade vid den här tidpunkten entydigt att kundanläggning med tillhörande servis normalt skulle utföras som TN-S. Bakomliggande drivkrafter var bland annat problem med vagabonderande strömmar samt en växande opinion kring personer som visade sjukdomssymptom som kopplades till elektriska och magnetiska fält.

Nu ett antal år senare är handboken i sak fortfarande helt relevant men verkligheten har förändrats en hel del. I de testområden där man på försök har byggt TN-S i distributionsnätet och installerat övervakning, så har det visat sig vara avsevärt mer resursdrivande och näst intill omöjligt att hålla PE och N-ledarna helt separerade ända ut till transformatorn/nätstationen. När produktion introduceras så krävs det i praktiken att distributionsnätet är ett fyrledarnät. Samtidigt har det visat sig att problemen med vagabonderande strömmar inte har eskalerat på de vis man tidigare befarat när handboken skrevs.

Ovan nämnda standard har ersatts av en ny, SS 437 01 02 (Elinstallationer för lågspänning) som har tagit hänsyn till dessa nya fakta och ur den är följande citat hämtat:

”Servisledning vid nyanslutning utförs enligt överenskommelse som TN-S- eller TN-C-system. I följande fall ska servisledningen utföras som TN-C-system:

- I äldre installationer där servisledningar byts ut och TN-C-system förekommer inom byggnaden.*
- Där parallella matningar, t ex reservkraft, till elnätet används i installationen, till exempel generatorer och/eller UPS-system.”*

Den nya standarden lämnar således valet öppet men Energiföretagen Sverige och dess medlemmar förordar att servisledningen utförs som TN-C-system.

1. Förord

Debatten om EMC-nivåer, stora vagabonderande strömmar, behovet av potentialfri jord, ökad personsäkerhet etc har medfört en viss fokusering på elsystemen i fastigheter och i det allmänna distributionsnätet. Fyrledarsystemet i distributionsnätet och i fastigheternas huvudledning har ifrågasatts om det uppfyller dagens och framtidens krav på god elektrisk miljö.

Oavsett oklarheterna beträffande magnetfältets medicinska risker finns det – enbart genom att frågeställningen aktualiserats – all anledning för elnätägarna att se närmare på fyrledarsystemets fortsatta användning.

Femledarsystemet (TN-S-systemet¹) som infördes i Sverige på 60-talet anses av forskare m fl vara ett bättre system genom att det minimerar vagabonderande strömmar och magnetfält samt att kunden får tillgång till sann jord.

Debatten har inneburit att landets elnätsägare märkt av en ökad förfrågan från kunderna på anslutning av femledarserviser. Efterfrågan har i sin tur genererat frågor hos elnätägarna – främst beträffande tekniken för anslutning av serviser – men även hur man bäst utformar fördelningsnätet så att man kan tillgodose samhällets krav på elmiljö.

För att kunna ge branschen råd och anvisningar i ämnet beslöt Nätrådet att låta Nätplaneringskommittén utreda förutsättningarna för och nödvändigheten av att förändra det yttre nätets fyrledar system (TN-C-S-systemet²) till ett femledarsystem samt att belysa följderna av den ökade anslutningen av direktserviser.

För ändamålet tillsattes en arbetsgrupp som bestått av följande:

<i>Lars Jengsell</i>	<i>ordf</i>	<i>Täby Energi Nät, AB</i>
<i>Lennart Eklund</i>		<i>Katrineholm Energi AB</i>
<i>Lars Hammarson</i>		<i>Göteborg Energi Nät AB</i>
<i>Birger Eriksson</i>	<i>sekr</i>	<i>Svenska Elverksföreningen</i>

1997 (Reviderad mars 2017)

Energiföretagen Sverige – Swedenergy – AB

Förklaring

1,2 T = Direktförbindelse till jord av en punkt i systemet.

N = Direktförbindelse av utsatta delar till fördelningssystemets jordförbundna punkt (i växelströmsnät är det normalt om neutralpunkten är jordförbunden).

C = Skyddsledare (PE) och neutralledare (N) är kombinerad i en ledare.

S = Skyddsledare (PE) och neutralledare (N) är olika ledare.

Innehåll

1.	Förord	2
2.	Sammanfattande rekommendationer	4
	2.1 Allmänt om TN-S-systemet	4
	2.2 Rekommendationer till elnätsägare	4
3.	Bakgrund	6
4.	Teknisk beskrivning	8
	4.1 Allmänt	8
	4.2 Övervakning	9
5.	För- och nackdelar med TN-S-system	12
6.	TN-S-system i fastighetsinstallationer	13
7.	TN-S-system i distributionsnätet	15
	7.1 Femledarserviser från kabelskåp i TN-C-S-system	15
	7.2 Direktserviser från nätstationen.	16
	7.3 Hela lågspänningsnätet utfört som TN-S-system.	17
	7.4 Neutralledaren	17
	7.5 Arbetsjordning	17
	7.6 Övertonströmmar	18
8.	Konvertering av TN-C-system till TN-S-system	19
9.	Leveransvillkor för TN-S-system i distributionsnät	21
10.	Kostnader för TN-S-system	22

2. Sammanfattande rekommendationer

Resultatet av arbetet beskrivits i denna handling kan sammanfattas enligt följande:

2.1 ALLMÄNT OM TN-S-SYSTEMET

- Införande av ett TN-S-system i lågspänningsnätet minimerar vagabonderande strömmar och magnetfält i anslutna fastigheter – åtminstone på lång sikt. Så länge man har ett blandat fyr- och femledarsystem består dock problemen men vagabonderande strömmar i till nätet anslutna fastigheter. Effekten av installerade femledarsystem i blandade nät blir därför begränsad.
- TN-S-systemet har både fördelar och nackdelar gentemot TN-C-S-systemet. För att det ska fungera som avsett krävs övervakning vilket erfarenheterna visat vara en svaghet i systemet.

Ett TN-S-system i lågspänningsnätet kräver kontinuerlig övervakning för att det ska ha avsedd funktion och verkan. Så länge man inte förser anläggningarna med automatisk fränkoppling är det tillräckligt att *en* kund missköter övervakningen av sina installationer för att förstöra systemet.

2.2 REKOMMENDATIONER TILL ELNÄTSÄGARE

Ett första steg till införande av ett TN-S-system i lågspänningsnätet är att utföra alla nya serviser som femledarserviser istället för fyrledarserviser.

Med följande kommentarer

- Elinstallatören ska i installationsmedgivandet upplysas om att installationen bör utföras som femledarsystem.
- Övervakningen av systemet ska göras i kundens anläggning. För hushållskunder (villor, lägenheter) utförs övervakningen med fördel med jordfelsbrytare.
- Anslutningen bör göras i närmaste nätstation alternativt i närmaste kabelskåp.
- Ansluts femledarservisen i nätstation elimineras kundens egna genererande vagabonderande strömmar. Dessutom sker ingen spänningssättning av servsens PE-ledare.

Konvertering av befintligt lågspänningsnät från fyr- och femledarutförande rekommenderas ej.

- Det är tekniskt möjligt, men ekonomiskt orimligt att konvertera det befintliga lågspänningsnätet från TN-C-system till TN-S-system eftersom det kräver uppschaktning för förläggning eller komplettering med nya kablar samt ombyggnad eller byte av samtliga kabelskåp.

Allmänt införande av femledarserviser – vilket även rekommenderas i SS 437 01 40 (IBL 96) – bör i framtiden leda till ändrad utformning av hög- och lågspänningsnäten.

Den ändrade förutsättningen med införande av direktserviser (femledare) bör leda till en nätstruktur där lågspänningsnätet utformas som direktserviser anslutna i nätstationen. Den framtida närplaneringen rekommenderas därför inriktas mot en teknik där:

- Lågspänningsnätet får en mindre geografisk utsträckning jämfört med dagens nät.
- Näten byggs med flera nätstationer med lägre genomsnittlig transformatoreffekt till exempel som satellitnät enligt den nätmodell som presenterats i SEF:s handlig "Satellitnät" från 1990.

3. Bakgrund

TN-S-system infördes i Sverige i början av 1960-talet. När Sveriges Radios nya radio och TV-hus vid denna tid skulle projekteras ställdes det krav på maximalt tillåten magnetisk fältstyrka. En konsultutredning kom fram till – för att klara ställda krav – att lågspänningsnätet inom fastigheten borde utformas enligt femledarprincipen. I annat fall skulle de krav som ställts ej kunna uppfyllas.

Även inom sjukvården ställdes ungefär samtidigt högre krav om störningsfri miljö och personsäkerhet. Även här fann man att TN-S-systemet hade förutsättningar att uppfylla de ställda kraven. Senare fastställdes – i *SEN 37 10 02 Elinstallationer i byggnader, lokaler för medicinskt bruk* - att TN-S-system skulle vara obligatoriskt för alla elinstallationer i sjukhusanläggningar. Idag är systemet en självklarhet i anläggningar med störningskänsliga elmiljöer som sjukhus, raffinaderier, militära installationer, laboratorier etc.

Problemet med att blanda 4- och 5-ledarsystem är uppkomsten av okontrollerade jordströmmar så kallade vagabonderande strömmar som cirkulerar i armerade grunder, balkar, vattenledningsrör med mera. Förutom att dessa strömmar ger upphov till lågfrekventa magnetiska fält kan de också medföra ökad personfara genom den spänningsskillnad som uppstår mellan jordade objekt och uttagens jordledare.

Vid signalbehandling inom elektromedicin, i utrustning för styrning, reglering, mätning och databehandling samt system för ljud- och bilddistribution är det viktigt att varierande jordpotential och vagabonderande strömmar elimineras. Lika väsentligt är att nätet inte bidrar till uppkomst av störande magnetfält.

Även om forskningen ännu inte kunnat påvisa att magnetfälten medför medicinska risker för människan finns det en möjlighet att gränsvärden införs som begränsar EMC-nivåerna. Sannolikt är den stormiljö de alstrar och dess påverkan på känsliga apparater det största problemet idag.

Införande av TN-S-systemet skulle kunna vara en lösning av problemen. Sannolikt får branschen räkna med en ökande andel femledarsystem både i bostäder och i de framtida industri- och fastighetsinstallationer.

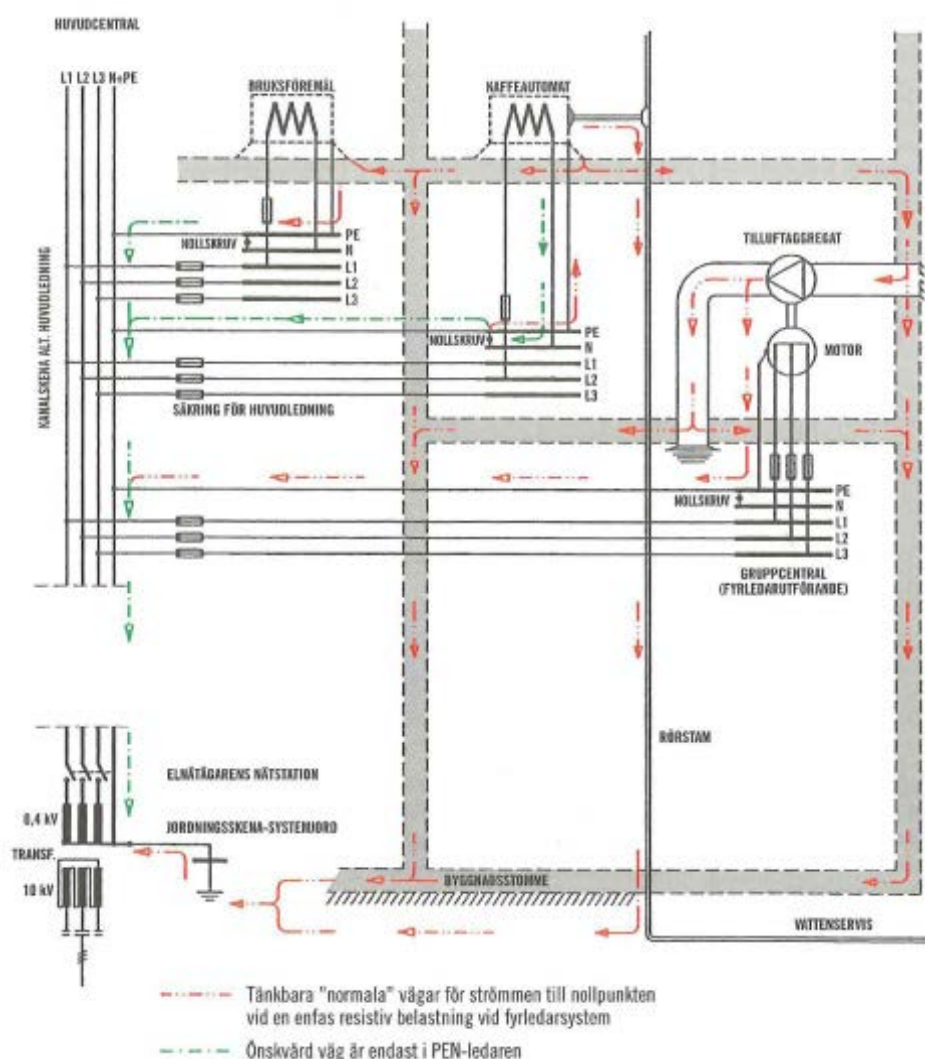
Låg spänningsnätet är till 100 % utfört som TN-C-system. Det är endast som direktserverer från elnätsägarens kabelskåp eller nätstationer som man kan finna ett femledarutförande i distributionsnäten. Inom vissa industrier, sjukhus- och militärområden förekommer dock interna distributionsnät med utförandet.

Arbetsgruppen har i sina undersökningar inte funnit något land i Europa som infört TN-S-system i det allmänna lågspänningsnätet.

*Problemet med TN-C-S-system är uppkomsten av okontrollerade jordströmmar så kallade vagabonderande strömmar som cirkulerar i armerade grunder, balkar, vattenledningsrör med mera.

Eftersom det allmänna lågspänningsnätet i Sverige utgörs av ett TN-C-system kommer man om man successivt inför ett TN-S-system för lång tid framåt att få leva med ett blandat system. Fördelarna med femledarinstallationer blir därmed starkt begränsade eftersom de vagabonderande strömmarna kan ledas in i fastigheterna TN-S-system via skyddsjordade utsatta delar.

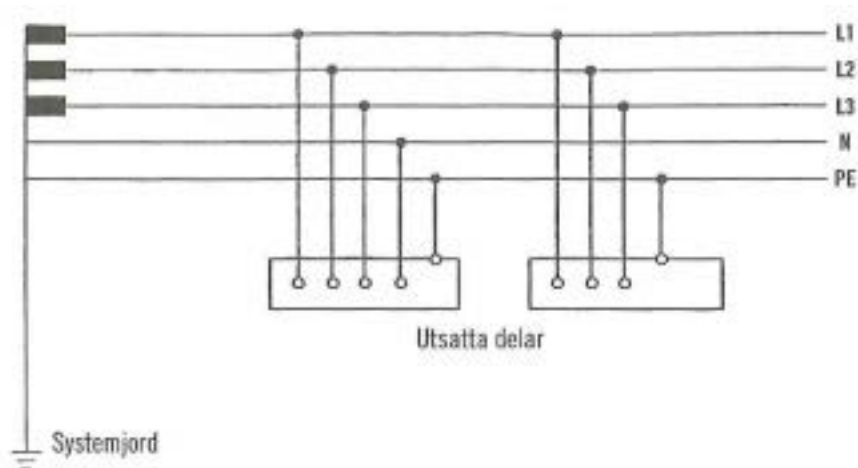
*Eftersom det allmänna lågspänningsnätet i Sverige utgörs av ett TN-C-system kommer man om man successivt inför ett TN-S-system för lång tid framåt att få leva med ett blandat system.



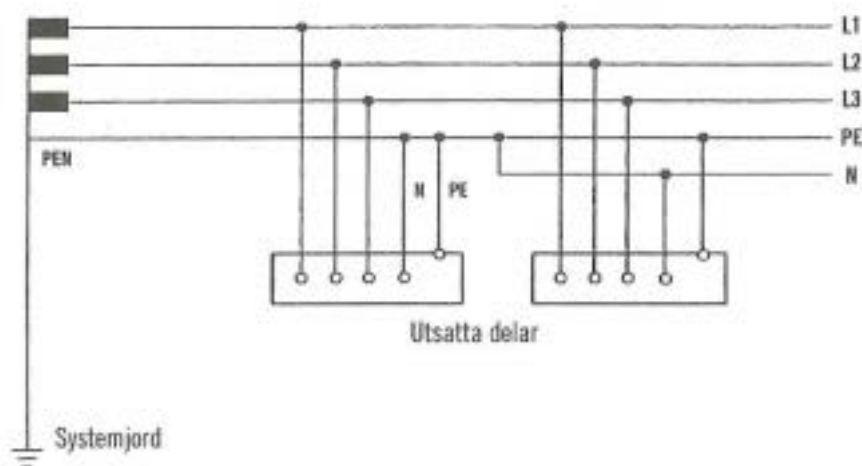
Figur 1. Tänkbar spridning av vagabonderande strömmar i ett område.

4. Teknisk beskrivning

4.1 ALLMÄNT



Figur 2. TN-S-system (femledarsystem).



Figur 3. TN-C-S-system (blandat fyr- och femledarsystem).

Skillnaden mellan TN-S-system och TN-C-S-system.

Skillnaden mellan system är som framgår av bilderna ovan att i TN-S-systemet finns skilda PE- och N-ledare från transformator ut till anslutet objekt. I TN-C-S-systemet är PE- och N-ledaren gemensam i samtliga huvudledningarna. I gruppdelningarna är PE- och N-ledarna skilda åt även i TN-C-S-systemet.

I ett TN-S-system finns förbindelse mellan PE- och N-ledare *enbart* i den matande transformatorns nollpunkt.

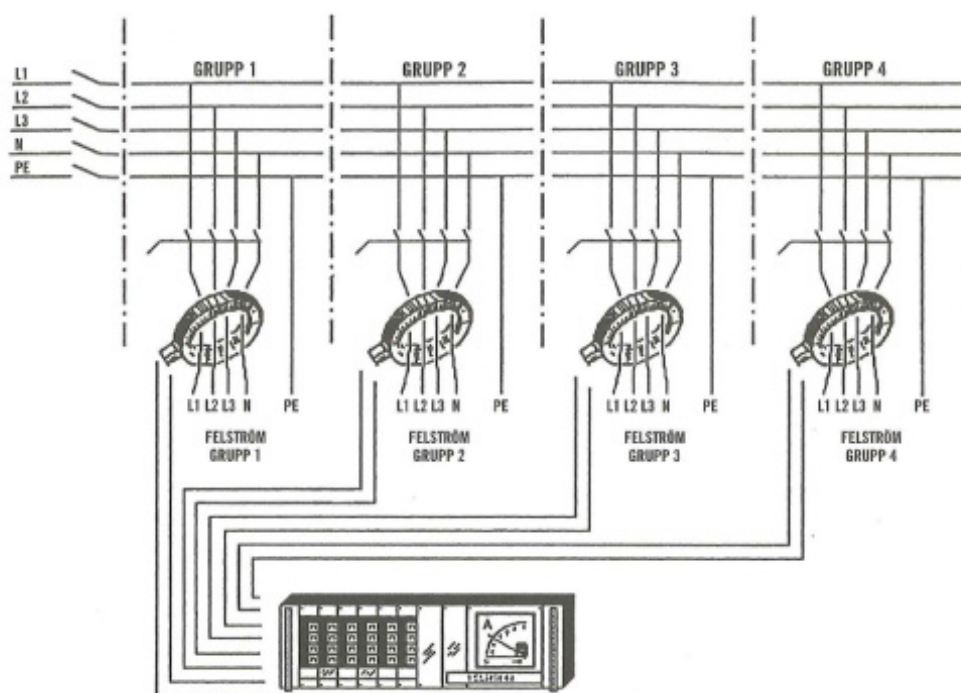
Elektriskt innebär skillnaderna att den gemensamma PEN-ledaren i TN-C-systemet transporterar ström och därmed spänningssätter PE-systemet. I TN-S-systemet är PE-ledaren obelastad i normal drift och därmed potentialfri.

I ett TN-S-system finns förbindelse mellan PE- och N-ledare *enbart* i den matande transformatorns nollpunkt.

4.2 ÖVERVAKNING

För att vara säker på att TN-S-systemet fungerar måste man förse installationen med ett övervakningssystem.

Övervakningen sker med en summaströmtransformator som omfattar N- och fasledarna enligt samma principer som för jordfelsbrytare. PE-ledaren dras utanför. Strömtransformatorn placeras lämpligast i huvudcentral eller ställverk.



Figur 4. Exempel på övervakning av femledarsystem.

Det krävs alltid kontinuerlig övervakning vid inkommande ställverk. För att underlätta felsökningen bör övervakningsutrustning även finnas i huvudcentraler, undercentraler samt i gruppcentraler. I mindre installationer placeras vanligtvis övervakningen enbart i matande ställverk eller central.

I bostadsinstallationen kan övervakningen med fördel utgöras av de redan i dag vanligt förekommande jordfelsbrytarna med 30 mA:s utlösningström.

I anläggningar med försämrad isolation finner man det ofta meningslöst att övervaka hela systemet pga ständigt uppträdande strömmar i PE-ledaren och placerar övervakningsutrustningen endast i gruppcentralerna. Med den metoden klarar man dock ej att detektera isolationsfel i huvudledningarna.

För att underlätta felsökningen bör övervakningsutrustning även finnas i huvudcentraler, undercentraler samt i gruppcentraler.

I bostadsinstallationer kan övervakningen med fördel utgöras av de redan i dag vanligt förekommande jordfelsbrytarna med 30mA:s utlösningström.

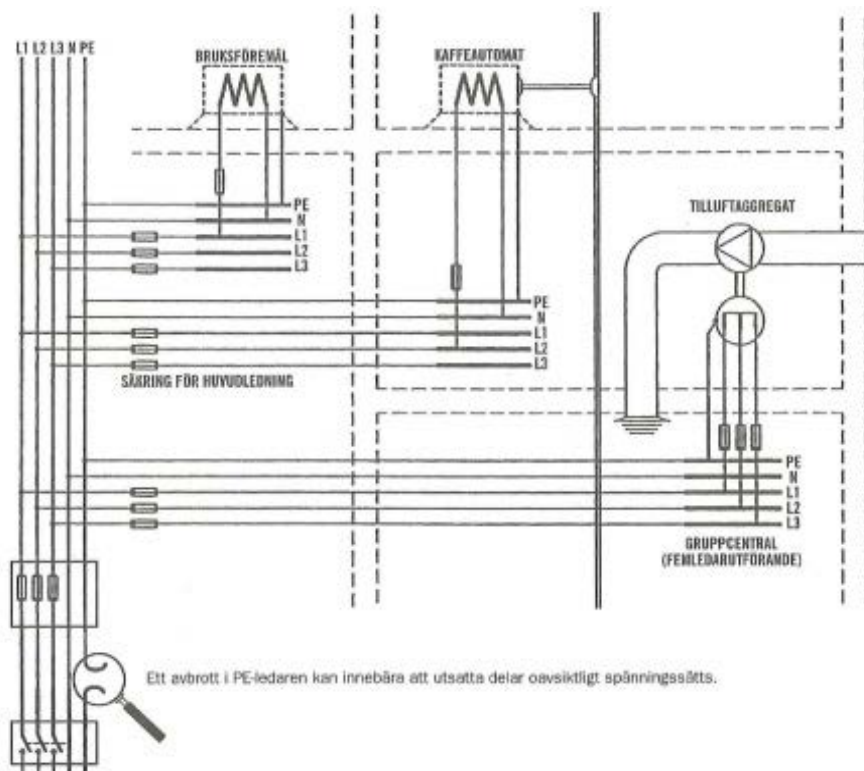
I en fastighetsinstallation för flerfamiljsboende eller kontorsändamål – med belastning mätt i huvudledningarna från serviscentraler – rekommenderas skalområdet vara 0-10 A med mätupplösning på ca 100 mA. Larmnivåerna i dessa punkter bör erfarenhetsmässigt vara 250-300 mA. Väljs känsligare larmnivåer finns risk att systemet förfelas genom att larmet avställs pga gör larmfrekvens. I den enkät som gruppen genomfört bland företag som har femledarinstallationer redovisas ett flertal anläggningar med larmet urkopplat av just denna orsak.

Mätning mellan N- och PE-ledare i hopkopplingspunkten eller enbart i PE-ledare fungerar ej då eventuella vagabonderande strömmar från angränsande anläggningar kan ta denna väg för att komma tillbaka till systemnollpunkten i transformatorn. Detta är särskilt viktigt i områden med blandade system.

I ett TN-S-system måste man vara uppmärksam på att avbrott ej sker i PE-ledaren och dess anslutningar eftersom utsatta dela oavsiktligt kan komma att spänningssättas. Till skillnad från ett TN-C-S-system, där avbrott på PEN-ledaren leder till en driftstörning, får man i ett TN-S-system ingen indikering på avbrottet.

I ett TN-S-system måste man vara uppmärksam på att avbrott ej sker i PE-ledaren och dess anslutningar.

Eldistributionsnät med femledarsystem



Figur 5.

5. För- och nackdelar med TN-S-system

Ett TN-S-system har i jämförelse med ett TN-C-S-system följande fördelar och nackdelar.

Fördelar

- Mycket små lågfrekventa magnetiska fält från ledningsnätet inom hela anläggningen. Normala belastningsströmmar och genererade övertonsströmmar tvingas till återgång i neutralledaren och ger då en nollsummeström i varje ögonblick.
- Jordledaren ej strömförande vilket ger samma potential på alla till skyddsledarsystemet anslutna apparater, utrustning och anläggningsdelar.

Nackdelar

- Systemet förlorar mycket av sin fördel gentemot TN-C-S-systemet så fort förbindelse sker mellan PE- och N-ledare någon annanstans än där systemjordningen är utförd.
- Systemet måste övervakas kontinuerligt.
- Isolationsfel eller andra kopplingar mellan PE- och N-ledare måste omedelbart åtgärdas.
- Vid avbrott på PE-ledaren kan hela skyddsjordningen bli utslagen och i värsta fall alla utsatta delar spänningssatta.

Erfarenheter från installationer som idag drivs som TN-S-system visar på en ökad underhålls- och skötselinsats jämfört med TN-C-S-systemets för att "renheten", det vill säga separationen mellan PE- och N-ledare ska kunna upprätthållas. Det är därför viktigt att man redan på projekteringsstadiet tar hänsyn till detta för att erhålla så låga drift- och underhållskostnader som möjligt. Bl a bör man rena vid upphandlingen av de apparater som ska ingå i anläggningen kontrollera om de är möjliga att installera och driva i ett femledarsystem.

...redan på projekteringsstadiet tar hänsynvid upphandlingen av de apparater som ska ingå i anläggningen

6. TN-S-system i fastighetsinstallationer

Varje grupp från en gruppcentral är idag utfört som ett femledarsystem. Hela det övriga nätet från huvudcentral till undercentraler/gruppcentraler är utfört som ett fyrledarsystem.

I ett TN-S-system är neutralledaren normalt strömförande och kan därmed vara spänningssatt i förhållande till jord.

I starkströmsföreskrifternas paragraf A461.2 står "...i TN-S-systemet krävs inte att neutralledaren frånskiljs eller bryts" medan man i paragraf C128 säger att "...strömtillförsel från alla håll förebyggs..." Eftersom neutralledare normalt är strömförande borde den enligt den senare regeln således frånkopplas. I denna handling förutsätts att A461.2 är den gällande föreskriften vilket också bekräftas av Elsäkerhetsverket. Således erfordras endast trepoliga brytorgan även för installationer i TN-S-system

Erfarenheter från TN-S-system i fastighetsinstallationer visar:

- Generellt ger ett TN-S-system betydligt lägre magnetiska fält
- Övervakning är nödvändig. Annars återgår TN-S-systemet till ett TN-C-S-system
- Övervakning leder till larm som kräver insatser när fel uppstår
- Lokalisering av felbehäftad anläggningsdel kräver avbrott
- I en del installationer – främst inom industrin – felsöker femledarsystemet "stötvis" i samband med semesterstopp eller större helger vilket innebär att om anläggningen drabbas av ett isolationsfel enbart fungerar som ett fyrledarsystem mellan felsökningstidpunkterna.
- För att felsökande insatser ska bli så effektiva som möjligt bör övervakningsutrustning även installeras "långt ut" i anläggningen
- Ansluten utrustning, som med tiden får sämre isolation, kan leda till jordfel och därmed larm. Exempel på detta är kyl- och fryskompressorer i livsmedelshallar, storkök eller liknande.
- Utrustning som internt har skyddshöljet (PE) direkt anslutet till N-ledaren eller fasledaren via PE-anslutna kondensatorer påverkar systemets funktion. Exempel på detta är bland annat vissa typer av datorer och medicinsk utrustning.
- Utrustning hos hyresgäster som förorsakar läckströmmar leder till frågor som "vem ska betala felsökning, reparationer, utbyte med mera".

- Svårigheter att få elinstallatören att rätt utföra normala installations- och underhållsarbeten. Problemet sannolikt övergående med ökande kunskaper i TN-S-systemet hos elinstallatören.

7. TN-S-system i distributionsnätet

En del kunder efterfrågar idag elservis med separata N- och PE-ledare, det vill säga en femledarservis. Elnätsägaren måste då kunna erbjuda detta. Eftersom distributionsnäten genomgående är uppbyggda som TN-C-system, måste varje förfrågan behandlas separat och lösas för varje kund eller område för sig.

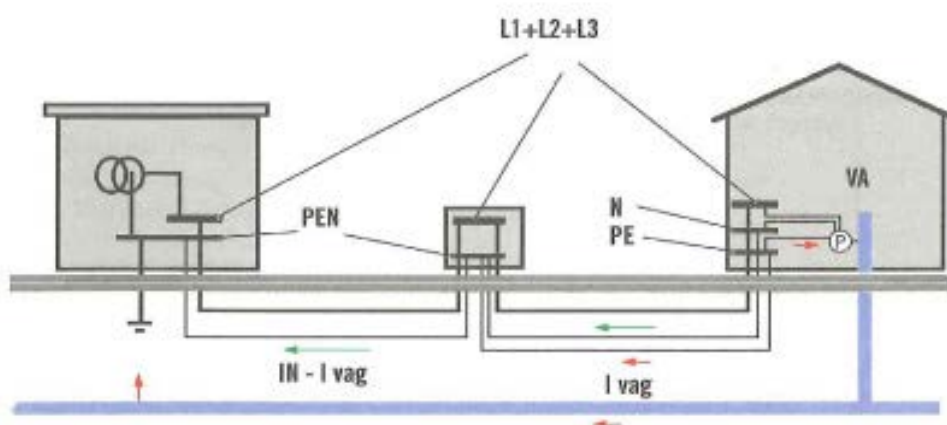
Elnätsägaren bör ha en strategi för att i framtiden gå över till ett konsekvent genomfört TN-S-system. En tänkbar sådan strategi är att branschen utfärdar en allmän rekommendation om införande av femledarsystem i nybyggda fastigheter och fastigheter som renoveras. Det kommer i sin tur att leda till ett ökat behov av femledarserviser som i sin tur påskyndarutvecklingen av ett komplett TN-S-system i lågspänningsnätet. Om en sådan strategi införs innebär det att man förts på mycket lång sikt (50-100 år) har ett renodlat femledarsystem i lågspänningsnäten.

7.1 FEMLEDARSERVISER FRÅN KABELSKÅP I TN-C-S-SYSTEM

För att kunna ansluta en femledarservis – utgående från ett kabelskåp i ett fyrledarnät – krävs att N- och PE-ledare *hålls isär* i kundens anläggning medan de *läggs ihop* på skåpets PEN-skena. Övervakning sker och utförs av kunden i anslutningspunkten.

Denna lösning kan bli ett första steg att utveckla distributionsnätet mot ett TN-S-system utan att för den skull förändra alla befintliga anläggningsdelar i nätet.

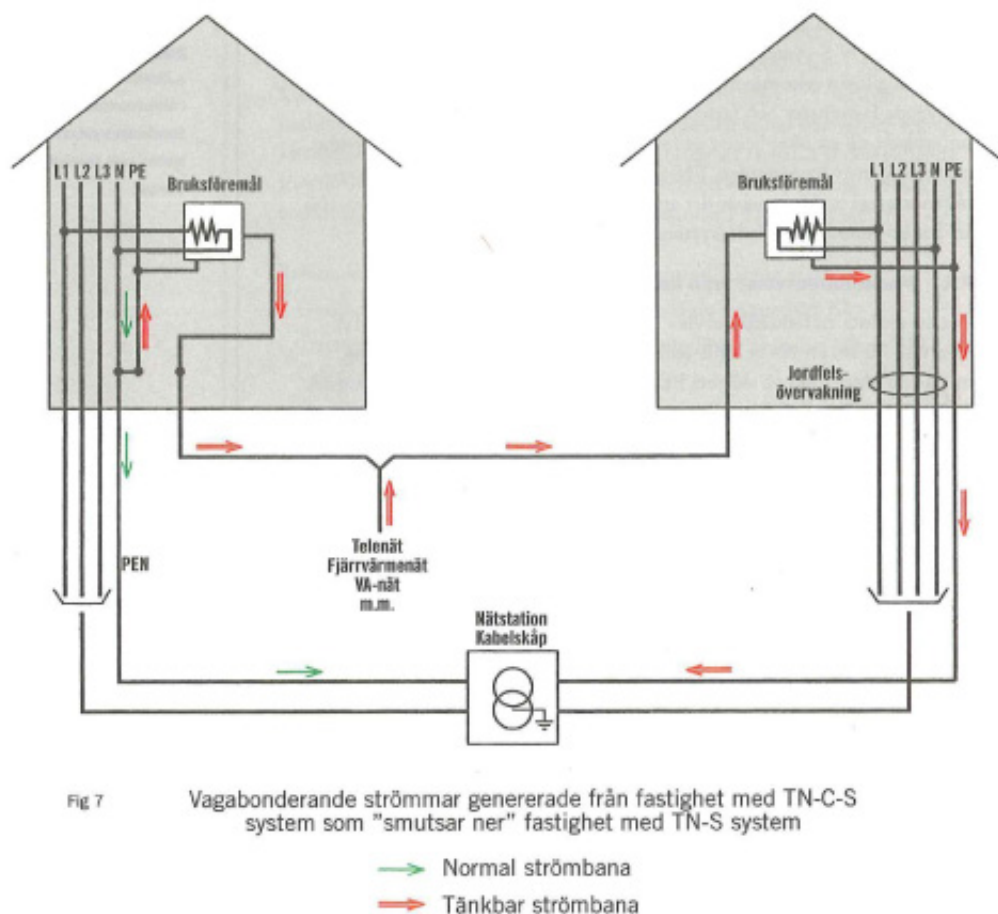
Utförandet innebär att strömmen i kundens N-ledare leds ut i sevisens N-ledare till kabelskåpet där förutsättningen för att strömmen ska ledas vidare i fördelningsledningens PEN-ledare till nätstationen är större än fråncentralens PEN-skena.



Figur 6. Femledareservis från kabelskåp.

...Branschen utfärdaren allmän rekommendation om införande av femledarsystem i nybyggda fastigheter och fastigheter som renoveras.

Dock kan vagabonderande strömmar från andra kunder uppträda i fastigheten PE-ledare. Kunden får dessutom ej tillgång till potentialfri jord eftersom PEN-ledaren i elnätägarens ledning mellan kabelskåpet och nätstationen har en viss strömbelastning härrörande från andra kunder i området.



Figur 7. Vagabonderande strömmar genererade från fastighet med TN-C-S-system som "smutsar ner" fastighet med TN-S-system.

7.2 DIREKTSERVISER FRÅN NÄTSTATIONEN.

En mer fullständig lösning är att förse kunden med en egen serviskabel från matande nätstationen. I detta fall har man ytterligare begränsat strömmarna i PE-ledaren, dock kan eventuella vagabonderande strömmar kvarstå från andra i nätet anslutna kunder. Även här sker övervakning av installationen med fördel i kundens anslutningspunkt.

7.3 HELA LÅGSPÄNNINGSNÄTET UTFÖRT SOM TN-S-SYSTEM.

Nästa fråga är, om det är möjligt att bygga upp ett fullständigt TN-S-system för lågspänningsnätet. Förutom införande av femledarkablar krävs att kabelskåpen är försedda med separata PE- och N-skenor. Nätstationernas lågspänningsställverk behöver dock ej förändras eftersom både N- och PE-ledaren ansluts till befintlig PEN-skena.

Fyrledarservisen får ej anslutas till ett distributionsnät renodlat utfört som TN-S-system. Därför krävs samtliga kunder inom nätstationensområdet har femledarsystem i sina installationer.

Elnätsägaren bör också för systemets fortbestånd ta på sig uppgiften att övervaka och underhålla funktionen av systemet i distributionsnätet. Oavsett om det är isolationsfel i distributionsnätet eller hos någon kund som orsakar sammankoppling mellan N- och PE-ledare i sin installation, kommer felet att "smitta ner" hela systemet. Dessa isolationsfel kommer att detekteras i elnätsägarens övervakningsutrustning vilket innebär ett större innehåll i distributionsnätet och försämrad nåttillgänglighet pga ökad avbrottsfrekvens. Även om installationen hos kunden konsekvent förses med jordfelsbrytare, som frånkopplar felhäftade grupper är en sådan ordning i praktiken omöjlig att hantera för elnätsägare.

7.4 NEUTRALLEDAREN

Ett TN-S-system innebär vissa konsekvenser för N-ledarens anslutning.

Ett sådant fall är lågspänningsnät med fler än en transformator.

Om transformatorerna finns i samma nätstation är detta inget problem.

För transformatorer i skilda nätstationer som matar ett sammanhängande lågspänningsnät bör skiljepunkten i nätet vara utförd med fyrpoligt brytorgan för att neutralledaren ska kunna hållas isolerad i respektive transformatorområde

Om transformatorerna ska parallellkopplas över nätet måste (åtminstone teoretiskt) den ena transformatorns neutrala punkt skiljas från jordskenan i sin station under parallelldriften vilket i praktiken nog inte är möjligt.

Ovanstående exempel visar på svårigheten att vidmakthålla systemets egenskaper vid något ovanliga driftfall och att det är mycket lätt att hantera N-ledaren felaktigt.

7.5 ARBETSJORDNING

En arbetsjordning måste i ett TN-S-system omfatta alla i kretsen ingående ledare. N-ledaren skulle därför behöva frånkopplas. I annat fall erhålls en oönskad förbindning mellan N- och PE-ledaren.

Utifrån denna aspekt borde enfasgrupper ha tvåpolig och trefasgrupper fyrpolig brytning. Betraktar man dock arbetsjordningen som en *tillfällig driftläggning* samt

refererar till föreskrifternas A461.2. "...neutralledaren behöver ej brytas..." kan man borste från den tillfälliga hopkopplingen av N- och PE-ledaren. Vid de tillfällen då arbetsjordningen erfordras under längre tid (flera dagar) kan man istället välja att lossa N-ledaren från N-skenan.

7.6 ÖVERTONSTRÖMMAR

Om belastningen uppträder olinjärt blir sinuskurvan för den uttagna strömmen deformerad. Man får en förvrängning, distorsion, av såväl ström som spänning. Förvrängningen kan matematiskt åskådliggöras med så kallad fourieranalys. Denna teori får ut på, att en godtycklig periodisk kurvform kan beskrivas som en summa av sinuskurvor. Varje enskild sinuskurva har en frekvens, som är en hel multipel av grundtonens frekvens 50 Hz. Sålunda har tredje tonen frekvensen 150Hz, femte tonen 250 Hz, och så vidare.

Övertonerna har olika egenskaper beroende på ordningstalet. Vanligt är, att distorsionen förändrar grundtonens positiva och negativa halvperiod lika. Då uppträder endast udda övertoner (3:e, 5:e etc)

Övertonerna i ett trefassystem har dessutom olika karaktär beroende på ordningstalet. Sålunda har alla övertoner, som har ett ordningstal jämt delbart med tre egenskapen, att de har samma fasvinkel och summeras i systemets nollpunkt. Tredjetonströmmen, som ofta kan vara betydande, är av detta slag. Detta innebär, att stora nollföljdsströmmar med frekvensen 150 Hz kan uppträda i ett trefassystem, även om belastningen är symmetrisk.

Vagabonderande tredjetonströmmar kan naturligtvis elimineras på samma sätt som grundtonsströmmar i ett konsekvent genomfört TN-S-system. Halten av dessa strömmar påverkas dock inte vid införande av ett TN-S-system.

8. Konvertering av TN-C-system till TN-S-system

Konvertering av ett TN-C-system till TN-S dito kan ske på två sätt:

- Befintliga kablar byts till kablar med fem ledare alt fyrledare + skärm.
- Befintliga fyrledarkabeln kompletteras med en friliggande femte separat ledare.

Väljs det senare alternativet ska den separata ledaren utgöra neutralledare (N) som enligt ELSÄK-FS ska betraktas som spänningsförande. N-ledaren ska uppfylla samma krav på isolation med hänsyn till förläggningssättet som fasledarna, vilket innebär att förutom grundisolation – typ MK (SE-N07V-R) – krävs det även ytterligare mekaniskt skydd

Vid dimensioneringen av N-ledaren ska avsnitt 473.3.2 (skydd mot överström) och 542 (ledarna) i ELSÄK-FS uppfyllas. Den separata N-ledaren ska förläggas intill tillhörande kabel och lämpligen förbindas med denna genom najning eller tejping. I centraler och ställverk ska dessutom skyltas att neutralledaren utgörs av separat kabel.

Sker konvertering med förläggning av fyrledarkabel med skärm måste man komma ihåg att kontrollera utlösningvillkoret då area på PE-ledaren (skärmen) enligt standard är mindre än fas- och nolledarens area.

Gruppen rekommenderar därför att man använder en femledarkabel där PE-ledare och N-ledare har samma area som fasledarna.

Vid en konvertering ska naturligtvis även övervakningsutrustningen för systemet installeras på lämpliga platser.

Endast en förbindning får finnas i systemet mellan PE- och N-ledare. Förbindningen ska utföras i nätstationens systemjordpunkt. Övriga ihopkopplingar i systemet ska brytas upp, vilket innebär ombyggnad eller utbyte av befintliga kabelskåp samt borttagning av byggingen mellan PE- och N-skenan i alla grupp- och huvudcentraler.

Har det konverterade TN-S-systemet koppling med matningsmöjlighet till ett TN-C-system ska denna förbindelse avlägsnas som en konsekvens av 546.2 i ELSÄK-FS.

Vid anslutning av reservkraftaggregat ska man vara observant på om N och PE ligger ihop i generatorns nollpunkt. Finns hopkoppling krävs fyrpolig elkopplare mellan generator och nät. Vid reservmatning från aggregatet med hopkopplad N och PE uppstår ytterligare en förbindning mellan dessa vilket innebär TN-S-systemet ej fungerar som avsett vid reservdriftstillfället.

Gruppen rekommenderar därför att man använder en femledarkabel där PE-ledare och N-ledaren har samma area som fasledarna.

Endast en förbindning får finnas i systemet mellan PE- och N-ledare. Förbindningen ska utföras i nätstationens systemjordpunkt.

Sammanfattning av avsnitt konvertering

Ovan beskrivna åtgärder innebär att det visserligen kan vara tekniskt möjligt att konvertera ett fördelningsnät med nuvarande nätstruktur från fyrledarsystem till femledarsystem, men ekonomiskt orimligt att praktiskt genomföra det. Kostnaderna – dels för uppschaktning av kabelgravar för att byta eller komplettera befintliga kablar – och dels för ombyggnad eller byte av kabelskåp – är av sådan storleksordning att det är en helt otänkbar åtgärd. Under alla omständigheter är "samhällsproblemet" vagabonderande strömmar inte av den digniteten att det motiverar dessa stora ekonomiska insatser med sannolikt återföljande kraftiga höjningar av nättariffen. Den enda reella möjligheten till ett "systemsifte" om man vill bibehålla dagens nätstruktur är ett successivt införande i samband med att kablar och kabelskåp i det befintliga nätet byts ut pga ålder.

9. Leveransvillkor för TN-S-system i distributionsnät

Det absolut avgörande för TN-S-systemet är att det hålls rent, det vill säga att ingen koppling mellan PE- och N-ledare förekommer någon annanstans än i den punkt där systemjordningen är utförd. För att kunna uppnå och vidmakthålla detta krävs ändringar i både installationsbestämmelserna och Allmänna leveransvillkor.

I distributionsnät uppbyggda som TN-C-system med enstaka femledarserviser från kabelskåp eller från nätstationer måste kunden utföra övervakning för att upprätthålla sitt TN-S-system. Elnätsägaren ska dock svara för serviskabelns isolation mellan PE- och N-ledare.

I nät som är helt (samtliga ställverk, kabelskåp och kablar inkl fördelningskablar) uppbyggda som TN-S-system måste dock elnätsägaren garantera att respektive kund blir ansluten till ett rent TN-S-system. Kunderna i sin tur ansvarar för att eventuella isolationsfel och felaktiga apparater i sin egen anläggning omgående bortkopplas.

10. Kostnader för TN-S-system

Följande faktorer påverkar kostnaderna i jämförelse med dagens konventionella lågspänningsnät.

Serviskablar

Rekommendationen att använda 5-ledarkabel istället för skärmad fyrledare innebär att materialkostnader för serviskablarna ökar ca 25 % (direkt proportionell mot viktökningen av en extra ledare). En 40 m villaservis skulle därmed öka med 300 kronor medan en 50 m servis (50 AL) till ett flerfamiljshus höjs med 650 kronor (EBR:s kostnadskatalog).

Hur stor del av kostnadsökningarna som ska belasta kollektivet via nättarifferna eller den enskilde kunden direkt via servis- eller anslutningsavgifterna är upp till varje företags policy.

Övervakning

Utrustning för övervakning av villainstallationer och andra mindre förbrukare utförs lämpligast med jordfelsbrytare. Kostnaden för denna uppgår till cirka 1 000 kronor.

För större ställverksanläggningar uppgår kostnaden för en fördelning med åtta utgående grupper till cirka 30 000 kronor och med 2 500 – 3 000 per tillkommande grupp.

Bestämmelser om övervakningsutrustning måste regleras i "Allmänna leveransbestämmelser".

Felsökning och underhåll

Även på fördelningsnätets fyrledarkablar föreligger krav på elnätsägaren att kontrollera kablarnas isolations- och läckstatus. Förhållandet förändras egentligen inte om man inför femledare även om kravet kanske kommer att bedömas annorlunda eftersom kunderna då förutsätter att PE-ledaren är fri från läckströmmar. Rent principiellt ska dock inte utförandet belasta elnätsägaren med ökade kostnader.

Femledarsystem i hela lågspänningsnätet

Det är svårt att fastställa kostnadsbilden för införande av ett komplett femledarsystem från nätstation till kund. Den konvertering till satellitnät som rekommenderas i utredningen måste detaljstuderas innan man kan jämföra kostnaden mot dagens system. I tidigare gjorda utredningar har dock konstaterats att satellitnäten är ett fullgott ekonomiskt alternativ.

