



# Anslutning av elproduktion till lågspänningsnätet – ALP

# Innehåll

<b>1.</b>	<b>Inledning</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>I Regelverk, standarder och branschpraxis</b>	<b>4</b>
2.1	EU-förordning	5
2.2	Ellagen	5
2.3	Elsäkerhetslag	6
2.4	inkomstskattelag	6
2.5	förordningar	7
2.6	ce-märkning	7
2.7	föreskrifter	7
2.7.1	Elsäkerhetsverkets författningssamling	7
2.7.2	Energimarknadsinspektionens författningssamling	8
2.8	standarder och branschpraxis	8
2.8.1	Standarder	9
2.8.2	Branschdokument	10
2.8.3	Enskilda tekniska riktlinjer	11
<b>3.</b>	<b>Administrativa anvisningar</b>	<b>12</b>
3.1	föranmälan	12
3.2	bekräftelse och kundinformation	13
3.3	installationsmedgivande/offert	13
3.4	färdiganmälan	13
3.4.1	Särskilda anvisningar för roterande generatorer	14
3.5	timmätning och medgivande driftsättning	14
3.6	produktionsanläggning som kompletteras med lokalt energilager	14
<b>4.</b>	<b>Skyddsfunktioner och märkning vid anslutning av produktionsanläggning till lågspänning</b>	<b>16</b>
4.1	Jordning och potentialutjämning	17
4.2	Reläskydd och felbortkoppling	17
4.3	Frekvenssvarsinställningar	19
4.4	Övriga skyddskrav och skyddsanordningar.	20
4.5	märkning	22
4.5.1	Märkning I lågspänningsnät	22

4.6	drift- och underhållssäkerhet	24
4.7	Möjlighet till fjärrstyrning	25
<b>5.</b>	<b>Mätning</b>	<b>26</b>
5.1	MÄTNING AV ELPRODUKTION	26
<b>6.</b>	<b>Dimensioneringsförutsättningar</b>	<b>28</b>
6.1	Maximal spänningsändring vid in- och urkoppling av en produktionsanläggning	29
6.1.1	In- och urkopplingar	30
6.2	Långsamma spänningsvariationer	30
6.3	Flimmer	32
6.4	Övertoner och mellantoner	35
6.5	Olika produktionslags påverkan på nätet	37
<b>7.</b>	<b>Beräkningsmetoder</b>	<b>38</b>
7.1	Maximal spänningsändring vid in- och urkoppling av en produktionsanläggning	38
7.2	Långsamma spänningsvariationer	38
7.3	Flimmer	39
7.3.1	Start	39
7.3.2	Drift	40
7.3.3	Beräkning av flimmervärdet vid olika punkter i ett nät.	40
7.4	Övertoner	41
<b>Bilagor</b>	<b>42</b>	
Bilaga 1	Ordförklaring	
Bilaga 2	Kurva för förenklad bedömning av nätstyrka	
Bilaga 3	Beräkningsexempel	
Bilaga 4	Anmälan anslutning av produktion till lågspänningsnätet	

# 1. Inledning

Handboken riktar sig främst till elnätsföretag och utgör en del av den webbaserade handboken för anslutning av elproduktion, HAP, som även innefattar handbok för anslutning av produktion till mellanspänningsnätet (AMP) och handbok för anslutning av större produktionsanläggningar (ASP) till elnätet.

Det blir allt vanligare att privatpersoner och företagare själva vill producera sin egen el. Det vanligaste produktionsslaget är solceller men det förekommer även mindre vindkraftverk samt små kraftvärmeanläggningar och vattenkraftverk. Den egna elproduktionen används i första hand för eget bruk och som ett komplement till den el som tas ut från elnätet.

Denna handbok ger anvisningar för nyanslutning av produktionsanläggningar till lågspänningsnätet oavsett den anslutna produktionsanläggningens maximala effekt. Det är upp till respektive nätbolag att avgöra vilken storlek på produktionsanläggningen som kan anslutas på det aktuella lågspänningsnätet utifrån de dimensioneringsaspekter som tas upp i avsnitt 6. Avgörande faktorer i denna bedömning är befintlig nätstyrka och nödvändiga förstärkningsåtgärder för att kunna ansluta den önskade produktionsanläggningen på lågspänningsnätet och fortsatt hålla en fullgod nätleverans till samtliga kunder.

## 2. I Regelverk, standarder och branschpraxis

Elnätsföretagets och elproducentens rättigheter och skyldigheter, som innehavare av elektriska anläggningar, regleras i ellagen. Eftersom nätverksamhet är koncessionspliktig och därmed monopol, blir den med nödvändighet relativt hårt reglerad. Energimarknadsinspektionen är den myndighet som utövar tillsyn över elnätsföretagets nätverksamhet.

Elsäkerhetsverket utövar tillsyn av elektriska starkströmsanläggningar, elektrisk materiel samt elinstallatörer. Elsäkerhetsverket ger ut föreskrifter om hur elektriska starkströmsanläggningar ska utföras samt kontrolleras. I denna tillsyn ingår frågor som avser elektromagnetisk kompatibilitet (EMC).

En mindre produktionsanläggning är enligt ellagen en anläggning som kan leverera en effekt om högst 1 500 kW. För sådana anläggningar gäller att innehavaren endast ska betala den del av överföringsavgiften som motsvarar den årliga kostnaden för mätning, beräkning och rapportering. Därutöver finns en särskild bestämmelse som gäller för elanvändare som har ett säkringsabonnemang om högst 63 ampere och som producerar el vars inmatning kan ske med en effekt om högst 43,5 kilowatt. En sådan elanvändare ska inte betala någon överföringsavgift alls för inmatningen under förutsättning att elanvändaren under ett kalenderår har tagit ut mer el från elsystemet än vad denne har matat in på systemet.

Med begreppet mikroproducent avses i inkomstskattelagen den som framställer förnybar el, i en och samma anslutningspunkt matar in och tar ut el, har en säkring om högst 100 A i anslutningspunkten och har anmält till nätkoncessionshavaren att förnybar el framställs och matas in i anslutningspunkten. Mikroproducenten har i enlighet med inkomstskattelagens regler rätt till skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el. I inkomstskattelagen finns, till skillnad från i ellagens regler om mindre produktionsanläggningar, ingen effektgräns.

Då lagar, förordningar och föreskrifter i sin natur inte är detaljerade uppstår behov av utförligare riktlinjer. Här kommer standarder, branschpraxis och enskilda nätägares tekniska riktlinjer in. Några relevanta förordningar och föreskrifter rörande småskalig produktion omnämns i avsnitt 2.4 respektive 2.6.

En produktionsanläggning som ansluts till elnätet ska, leva upp till vid anslutningstidpunkten gällande EU-regelverk, lagar, förordningar, föreskrifter och standarder.

Energimarknadsinspektionen (Ei) har 2015 prövat (Dnr. 2014-100203) frågan om särskild anslutningsavgift kan tas ut av den som vill ansluta en solcellsanläggning i samma punkt som en redan befintlig användaranläggning och kom fram till att någon

särskild anslutningsavgift inte får tas ut för en anläggning upp till 63A om det inte sker någon uppsäkring.

Då regelverk och standarder förändras hela tiden går det inte att garantera att de hänvisningar som görs i denna handbok är korrekta. Eftersom det alltid är den senaste versionen som gäller är rekommendationen att regelbundet kontrollera att de handlingar man använder är giltiga.

## 2.1 EU-FÖRORDNING

Förordning (EU) 2016/631 innehåller nätföreskrifter med krav för nätanslutning av generatorer (den så kallad generatorkoden eller RfG). Här definieras de regler som gäller för produktionsanläggningar från 0,8 kW och uppåt som ansluts till elnätet. Anläggningar som är mindre än 1,5 MW räknas som typ A och reglerna för dessa är inte lika omfattande som för större anläggningar. EU-förordningar är direkt tillämpliga och gäller som lag i alla medlemsstater.

Det är enligt RfG elnätsföretagets skyldighet att vägra anslutning av en produktionsanläggning som inte uppfyller kraven i förordningen.

## 2.2 ELLAGEN

Ellagen (1997:857) är dt grundläggande regelverk som styr anslutning och drift av elektriska produktionsanläggningar och ligger till grund för andra mer detaljerade regler i förordning och föreskrift. Nedan följer exempel på bestämmelser i ellagen som är relevanta för produktionsanläggningar.

3 kap.

6 - 8 §§ *Skyldighet att ansluta anläggning.* Reglerar nätkoncessionshavarens skyldigheter att ansluta en elektrisk anläggning.

9 § *Skyldighet att överföra el.* Reglerar nätkoncessionshavarens skyldigheter att överföra el för annans räkning.

10 § *Skyldighet att mäta och beräkna överförd el.*

14 § *Kostnader för mätning och beräkning.* Reglerar bland annat de kostnader nätkoncessionshavaren har för mätning och hur detta debiteras elproducenten.

15 § *Ersättning vid inmatning av el.* Reglerar innehavarens av en produktionsanläggning rättighet till ersättning av nätkoncessionshavaren.

4 kap.

10 §. *Särskilt om nättariffer för mindre produktionsanläggningar* Reglerar nättariffen för innehavaren av en produktionsanläggning och en elanvändare.

12 § Rätt till uppgifter om nättariffer m.m. Reglerar tidplaner för anslutning av produktionsanläggningar.

12 kap. 1 - 5 §§. *Tillsyn med mera.* Reglerar myndighets tillsynsverksamhet av efterlevnaden av lag, föreskrifter eller villkor.

## 2.3 ELSÄKERHETSLAG

Reglerna som tidigare fanns i starkströmsförordningen, elinstallatörsförordningen och förordningen om elektrisk materiel finns från den 1 juli 2017 i en och samma elsäkerhetslag med en kompletterande elsäkerhetsförordning, se elsäkerhetslagen (2016:732).

6 - 15 §§. *Skyldigheter i fråga om elektriska anläggningar.* Reglerar hur elektriska anläggningar ska vara beskaffade, uppbyggda och brukas så att betryggande säkerhet ges mot person-, sakskada eller driftstörning.

16 – 19 §§ *Skyldigheter i fråga om elektrisk utrustning.* Reglerar hur elektrisk utrustning ska vara beskaffad, uppbyggd och brukas så att betryggande säkerhet ges mot person-, sakskada eller driftstörning

28 § *Ansvar för skada genom inverkan av el från starkströmsanläggning.* Reglerar ansvaret för skada genom inverkan av el från starkströmsanläggning.

29 - 30 §§. *Produktansvar.* Reglerar produktansvaret vid skada orsakad av säkerhetsbrist.

31 § *Skadestånd vid driftstörning.* Reglerar skadestånd vid driftstörning på en elektrisk anläggning.

## 2.4 INKOMSTSKATTELAG

I inkomstskattelagen (1999:1229), 67 kap. 27§ definieras vilka som kan få skattereduktion för inmatad förnybar el.

I detta sammanhang anges att begreppet *mikroproduktion av förnybar el* gäller för den som:

1. framställer förnybar el,
2. i en och samma anslutningspunkt matar in förnybar el och tar ut el,
3. har en säkring om högst 100A i anslutningspunkten, och
4. har anmält till nätkoncessionshavaren att förnybar el framställs och matas in i anslutningspunkten.

## 2.5 FÖRORDNINGAR

Elsäkerhetsförordning (2017:218) innehåller säkerhetsbestämmelser för elektrisk materiel samt de krav som gäller vid elinstallationsarbete som avser utförande, ändring eller reparation av en elektrisk starkströmsanläggning. Förordningen innehåller även de krav som gäller innehavarens av en starkströmsanläggning grundläggande skyldigheter rörande kontroll av anläggningen och innehavarens övergripande ansvar för arbete som utförs på eller i anslutning till anläggningen.

Förordning (2016:363) om elektromagnetisk kompatibilitet innehåller bestämmelser om elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) för utrustning.

Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el innehåller bestämmelser om att mätning av produktion ska ske minst på timbasis.

## 2.6 CE-MÄRKNING

Alla produkter (delar) i ett produktionssystem ska vara CE-märkta. För elproduktionsanläggningar där produktionsenhet (exempelvis solceller eller vindkraftverk) och/eller omriktare säljs separat ska båda dessa enheter vara CE-märkta. CE-märkningen är tillverkarens, eller importörens, sätt att enkelt informera kunden om att produkten överensstämmer med kraven i applicerbara EU-direktiv. De EU-direktiv som är av intresse i kontakten mellan elnätsföretag och innehavaren av en elproduktionsanläggning är främst lågspänningsdirektivet, EMC-direktivet och maskindirektivet.

Lagl svensk lagstiftning finns regler om CE-märkning i lag (2011:791) om ackreditering och teknisk kontroll, 14-17 §§ . I ELSÄK-FS 2016:1 3 kap. 8 finns kompletterande föreskrifter.

## 2.7 FÖRESKRIFTER

### 2.7.1 *Elsäkerhetsverkets författningssamling*

Elsäkerhetsverket är tillsynsmyndighet (enligt elsäkerhetslagen (2016:732) 36 §). Elsäkerhetsverket får därför, i den utsträckning som behövs för att förebygga person- eller sakskada på grund av el, meddela föreskrifter om utförande av elektriska anläggningar och elektrisk utrustning som är avsedd att anslutas till en starkströmsanläggning, samt kontroll och provning av sådana anläggningar och elektriska utrustningar. För anslutning av produktionsanläggningar till lågspänningsnätet är det främst följande delar av starkströmsföreskrifterna som är av intresse:

- ELSÄK-FS 2006:1. Innehåller bestämmelser om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet.



- ELSÄK-FS 2008:1, 2010:1 och 2015:3 Innehåller bestämmelser om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda.
- ELSÄK-FS 2008:2 och 2010:2 Innehåller bestämmelser om varselmärkning vid elektriska starkströmsanläggningar.
- ELSÄK-FS 2008:3 och 2010:3 Innehåller bestämmelser om innehavarens kontroll av elektriska starkströmsanläggningar och elektriska anordningar.
- ELSÄK-FS 2016:1 Innehåller bestämmelser som ska tillämpas på elektrisk utrustning konstruerad för användning vid en märkspänning mellan 50 och 1 000 volt för växelström och mellan 75 och 1 500 volt för likström.
- ELSÄK-FS 2016:3 och 2016:4 Innehåller bestämmelser om elektromagnetisk kompatibilitet.
- ELSÄK-FS 2017:2 Innehåller bestämmelser och allmänna råd om elinstallationsarbete och undantag från kraven för vissa typer av elinstallationsarbete.
- ELSÄK-FS 2017:3 Innehåller bestämmelser som riktas till elinstallationsföretag och utförande av elinstallationsarbete.
- ELSÄK-FS 2017:4 Innehåller bestämmelser om auktorisation som elinstallatör.

#### 2.7.2 *Energimarknadsinspektionens författningssamling*

- EIFS 2013:1. Innehåller bestämmelser som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet.
- EIFS 2015:3. Innehåller regler om utformning av tidsplaner för anslutning av elproduktionsanläggningar.
- EIFS 2016:2 Innehåller regler för mätning, beräkning och rapportering av överförd el.
- EIFS 2018:2 Innehåller regler för nätanslutning av generatorer (komplettering av förordning (EU) 2016/631).

## 2.8 STANDARDS OCH BRANSCHPRAXIS

Ett stort antal standards har utarbetats för att på ett enhetligt sätt uppfylla de krav som ställs i de tvingande regelverken. Detta för att säkerställa säkerhet för människors liv och hälsa, skydd för naturen samt produktansvar och leverans kvalitet.

Om svensk standard tillämpas som komplement till föreskrifterna anses anläggningen utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis om inget annat visas. Om en anläggnings utförande helt eller delvis avviker från svensk standard ska de bedömningar som ligger till grund för utförandet dokumenteras. (ELSÄK-FS 2008:1, 2 kap, 1 §, 3 st.). I andra mindre kritiska frågeställningar lämnas ett större spelrum för branschens aktörer att

finna egna och olika vägar, såväl gällande tekniska krav och lösningar som på administrativ hantering.

### 2.8.1 Standarder

Nedan presenteras några viktiga standarder i samband med anslutning av produktionsanläggningar. Dessa nämns i senare kommande kapitel. Aktuell utgåva för nedan listade standarder gäller.

- SEK SS-EN 50549-1: Fordringar på generatoranläggningar för anslutning i parallelldrift med elnät - Del 1: Anslutning till lågspänningsnät – Generatoranläggningar upp till och med typ B.
- SS-EN 50438: Fordringar på mindre generatoranläggningar för anslutning i parallelldrift med det allmänna elnätet. Tidigare standard som ersatts av SS-EN 50549-1 (upphävandedatum 2022-02-01).
- SS 430 01 10: Mätarskåp. Standarden behandlar tekniska krav för mätarskåp, 3-fas, 230/400 V, 25 A och 63 A.
- SS 436 21 31: Serviscentraler. Standarden behandlar tekniska krav för serviscentraler, 3-fas, 400 V, 80 A – 1500A.
- SS-EN 50160: Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution. Standarden beskriver de gränser eller värden mellan vilka spänningens egenskaper kan förväntas bibehållas vid anslutningspunkter i de publika europeiska elnäten.
- SS 436 40 00: Elinstallationer för lågspänning - Utförande av elinstallationer för lågspänning. Se särskilt Kapitel 52 – Val och montering av ledningssystem, Kapitel 55 – Annan elmateriel som behandlar generatoraggregat, kapitel 712 – Kraftförsörjningssystem med fotoelektriska solceller.
- SS-EN 61000-2-2: Miljöförhållanden – Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalnivåer på elnät.
- SS-EN 60909-0: Kortslutningsströmmar i trefas växelströmsnät
- SS-EN 61000-3-2: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) – Del 3-2: Gränsvärden - Gränser för övertoner förorsakade av apparater med matningsström högst 16A per fas.
- SS-EN 61000-3-3: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) – Del 3-3: Gränsvärden - Begränsning av spänningsfluktuationer och flimmer i lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 16A per fas utan särskilda anslutningsvillkor.
- SS-EN 61000-3-11: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 3-11: Gränsvärden – Begränsning av spänningsfluktuationer och flimmer i

lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 75A och för vilka särskilda anslutningsvillkor gäller.

- SS-EN 61000-3-12: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 3-12: Gränsvärden - Gränser för övertoner förorsakade av apparater med matningsström större än 16A men högst 75A per fas.
- IEC/TR 61000-3-15, Edition 1.0 2011-09: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-15: Limits- Assessment of low frequency electromagnetic immunity and emission requirements for dispersed generation systems in LV network. Behandlar EMC emission och immunitet vid elproduktion i lågspänningsnät.
- SS-EN 61400-21: Mätning och bedömning av elkvalitet för nätanslutna aggregat.

### 2.8.2 Branschdokument

Tillämplig standard blir alltmer internationell och de flesta svenska standarder är idag IEC eller Europastandard. Branschpraxis kan tolkas som en nationell anpassning av standarderna, som mer i detalj beskriver tillvägagångssätt i olika situationer, till exempel i samband med nätanslutning av produktionsanläggningar.

Exempel på branschdokument är:

- Elmarknadshandboken. En komplett beskrivning av alla olika processer som ingår i elmarknaden ([www.elmarknadshandboken.se](http://www.elmarknadshandboken.se)).
- NÄT 2012 K (rev). Allmänna avtalsvillkor för anslutning av elektriska anläggningar till elnät och överföring av el till sådana anläggningar (konsument). Utarbetade av Energiföretagen Sverige efter överenskommelse med Konsumentverket.
- NÄT 2012 N (rev). Allmänna avtalsvillkor för anslutning av elektriska anläggningar till elnät och överföring av el till sådana anläggningar (näringsverksamhet eller annan likartad verksamhet, lågspänning). Utarbetad av Energiföretagen Sverige.
- Föranmälan. Anmälan inlämnad av registrerat elinstallationsföretag till elnätsföretaget avseende elinstallationsarbete som medför behov av ny eller ändrad anslutning eller väsentlig förändring i kundens uttag av el. Se även NÄT 2012 K(rev 2) och 2012 N (rev), pkt 3.7.
- Färdiganmälan. Anmälan inlämnad av registrerat elinstallationsföretag till elnätsföretaget avseende färdigställdedatum för elinstallationsarbete enligt föregående inlämnad föranmälan. Se även NÄT 2012 K (rev 2) och NÄT 2012 N (rev) pkt 3.8.
- Anslutning Mätning Installation (AMI), är en webbaserad handbok utgiven av Energiföretagen Sverige, där man snabbt och enkelt finner svaren på många viktiga frågor i samband med anslutning av produktionsanläggningar till elnätet.

- Anslutning av produktion till lågspänningsnätet - ALP. Denna handbok, utgiven av Energiföretagen Sverige.
- Anslutning av produktion till mellanspänningsnätet – AMP. Handbok, utgiven av Energiföretagen Sverige.

### 2.8.3 *Enskilda tekniska riktlinjer*

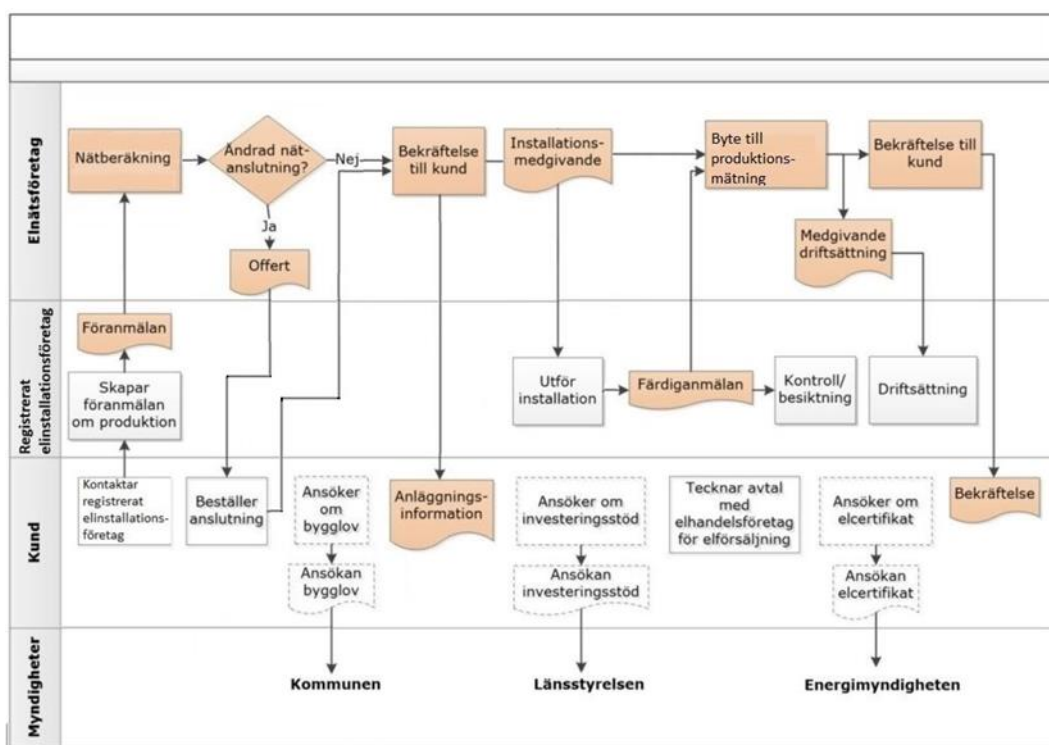
Förutom branschgemensam praxis har respektive elnätsföretag sina specifika rutiner i samband med anslutning och drift av produktionsanläggningar. Dessa finns oftast på företagets hemsida.

## 3. Administrativa anvisningar

Elnätsföretaget har ansvar för elsäkerhet och elkvalitet samt att kraven enligt gällande regelverk är uppfyllda. Innan elproducerande utrustning ansluts till det allmänna distributionsnätet ska elnätsföretaget därför kontaktas.

Figur 1 nedan visar en förenkling av flödet i anslutningsprocessen för produktionsanläggning ansluten till lågspänningsnätet. De färgmarkerade aktiviteterna i figuren berör elnätsföretaget främst och de beskrivs i detalj i detta kapitel.

Om säkring i anläggning är större än 100A så förväntas en Z03 (Anmälan av leverantörbytte/flyttning) från elhandlaren innan start av timmätning (se Elmarknadshandboken).



Figur 1 Aktiviteter och aktörer för anslutning av produktionsanläggning.

### 3.1 FÖRANMÄLAN

En skriftlig anmälan ska göras av ett registrerat elinstallationsföretag till det elnätsföretag som innehar områdeskoncessionen där produktionsanläggning avses anslutas, innan installationsarbetet får påbörjas. Till föransökan ska alltid bilaga 4,

ALP-blanketten bifogas. ALP-blanketten ska skrivas under av både elinstallationsföretaget och kunden för att vara giltig (enligt RfG artikel 30, punkt h).

När installationen avser vind- och vattenkraftverk vars generatorer är direktkopplade mot det allmänna distributionsnätet används istället AMP-blanketten som finns i handbok "Anslutning av produktion till mellanspänningsnätet – AMP" (detta då elnätsföretaget vill få information om flimmervärden).

En tidig information till elnätsföretaget rekommenderas för att minimera risken för försening eftersom en planerad anslutning i vissa fall kan kräva en förstärkning av elnätet.

### 3.2 BEKRÄFTELSE OCH KUNDINFORMATION

Elnätsföretaget är skyldigt att meddela kunden de villkor som gäller för anslutningen av produktionsanläggningen. Dessutom bör kunden tidigt i anslutningsprocessen få följande information för att underlätta vid kontakter med elnätsföretaget, elhandelsföretag och eventuella myndigheter:

- Anläggnings-ID.
- Nätområdes-ID.
- Ediel-ID.
- Information om timmätning.
- Vid säkring större än 100A i anslutningspunkten så lämnas information om att kunden bör avtala med en elhandlare om att ta emot inmatad el på elnätet, innan produktionen kan startas.
- Information om vilket ansvar som medföljer innehavet av en produktionsanläggning.
- Kontaktperson på elnätsföretaget för mätvärdesrapportering för elcertifikat (om elnätsföretaget anlitas för uppgiften).
- Tidsplan för handläggning av ärende (EIFS 2015:3)

### 3.3 INSTALLATIONSMEDGIVANDE/OFFERT

Baserat på de uppgifter som inkommer från elinstallationsföretaget via blanketten "Anmälan anslutning av produktion till lågspänningsnätet" och föransökan, utförs nätberäkningar. Om abonnemanget behöver utökas och där anslutningen innebär en kostnad för kunden, skickas en offert till kunden som besvaras med en eventuell beställning. I övriga fall skickas ett installationsmedgivande direkt till elinstallationsföretaget, förutsatt att föransökan och blanketten "Anmälan anslutning av produktionsanläggning typ A till lågspänningsnätet" är korrekt inskickade.

### 3.4 FÄRDIGANMÄLAN

Före första tillkoppling av produktionsanläggning ska anläggningen färdiganmälas av det registrerade elinstallationsföretaget. När elnätsföretaget mottagit färdiganmälan byts eventuellt elmätaren eftersom alla mätare inte tar hänsyn till riktningen på

energiflödet eller kan hantera timmätning. Annars riskerar anläggningsinnehavaren få betala för den el som produktionsanläggningen levererar ut på elnätet.

Elnätsföretag ska innan drifttagningen ges möjlighet att:

- utföra kontroll av serviscentral, mätanordning och åtkomlig frångopplingsmöjlighet inför idrifttagning.
- delta vid funktionsprov av skydd i anläggning och vid inkoppling.

Kort provtillkoppling för funktionskontroll av anläggningen kan tillåtas efter förfrågning, före slutligt medgivande om inkoppling lämnats.

#### 3.4.1 Särskilda anvisningar för roterande generatorer

För produktionsanläggningar med direktansluten generator (utan strömriktare) ska generatorns nollpunkt kopplas till huvudjordningsskenan samt förses med jordtag i anslutning till produktionsanläggningen. I dessa fall ska även uppmätt jordtagsresistans redovisas enligt EBR U303H:10. Om utförandet avviker från vad som angivits i föransökan ska nya uppgifter inlämnas för godkännande av elnätsföretaget.

### 3.5 TIMMÄTNING OCH MEDGIVANDE DRIFTSÄTTNING

Alla produktionsanläggningar ska vara timmätta och timavräknade. Elmätaren kan därför behöva bytas, alternativt konfigureras om och detta måste vara gjort innan produktionsanläggningen tas i drift.

När timmätningen är installerad och kontroller är utförda enligt punkt 3.4, så informeras elinstallatör/kund om att anläggningen är klar för inkoppling.

### 3.6 PRODUKTIONSANLÄGGNING SOM KOMPLETTERAS MED LOKALT ENERGILAGER

Anmälan till elnätsföretaget ska ske på samma sätt som en produktionsanläggning med dokumentation över skydd, åtkomlig frångopplingsmöjlighet och märkning, risk för bakspänning med mera.

Batterilagret kräver en växelriktare som antingen är separat för batteriet, eller gemensam för batteriet och solcellsanläggningen. Skyddsinställningar enligt avsnitt 4.2 gäller även för batteriernas växelriktare. Vid bortfall av elnätet är det av säkerhetsskäl viktigt att energilagret inte matar ut energi på elnätet.

Om kunden önskar använda batteriet som reservkraft vid bortfall av elnätet ska batteriet också ses som en reservkraftanläggning och installationen ska då också följa gällande standarder för dessa. Bland annat finns krav för säker frångoppling från elnätet för att inte anläggningen ska mata ut el på elnätet samt lokalt jordtag.

Anslutning av produktion till lågspänningsnätet – ALP  
Upplaga 3 - Rev. 1

Vägledning ges i handbok *”Reservkraftaggregat – Tekniska anvisningar för anslutning av reservkraftaggregat i kundanläggning”* som ges ut av Energiföretagen Sverige.

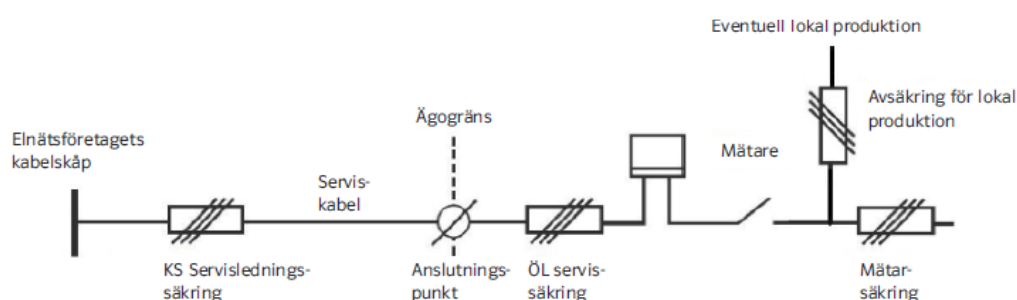


## 4. Skyddsfunktioner och märkning vid anslutning av produktionsanläggning till lågspänning

Tabell 1 Maximal effekt för olika säkringsstorlekar.

Hur stor serviss/mätarsäkring krävs för en produktionsanläggning	
Minsta serviss/mätarsäkring	Maximal effekt på produktionsanläggningen
16 A	11 kW
20 A	13,8 kW
25 A	17,3 kW
35 A	24,2 kW
50 A	34,6 kW
63 A	43,5 kW

En kund med säkringsabonnemang kan undvika att höja sin mätarsäkring för konsumtionen genom att installera en servissäkring som begränsar maximal produktion innan mätaren och en mätarsäkring som begränsar maximal konsumtion efter mätaren i enlighet med standarden SS 430 01 10 utgåva 10. Utökning av servissäkring måste dock fortfarande göras för att kunna ansluta aktuell produktion.



Figur 2 Principschema för anslutning av lokal produktion.

I avancerade växelriktare finns möjlighet att installera så kallad dynamisk begränsning av inmatad effekt. Detta åstadkoms genom ett styrsystem där den momentana konsumtionen mäts och växelriktaren därefter begränsar produktionen så att den maximala inmatade effekten till elnätet som avtalats inte överskrids. Om kundens konsumtion minskar kommer växelriktaren att minska den producerade effekten med motsvarande mängd. På så vis kan kunden behålla en lägre mätarsäkring eller undvika kostnader för nätförstärkningar. Denna lösning är främst aktuell för anläggningar som har en hög egen konsumtion och den inmatade effekten på elnätet bedöms vara liten. Det är kundens ansvar att den tekniska lösningen inte levererar ut mer effekt på nätet än vad som är avtalat med elnätsföretaget och att utrusningen inte genererar störningar i nätet som är större än rekommenderade gränsvärden. Om så vore fallet kan elnätsföretaget begära att den dynamiska begränsningen kopplas bort och att produktionen begränsas till avtalad effekt.

#### 4.1 JORDNING OCH POTENTIALUTJÄMNING

Grundprincipen för jordning är att alla utrustningars ledande höljen som kan spänningssättas vid ett fel ska skyddsjordas. Utöver skyddsjordning behöver vissa modulramar, bärställningar, apparatkapslingar, master/torn med mera potentialutjämnas enligt tillverkarens anvisningar. För de fall där dessa ledande delar är en del av en utrustning där skyddsmetoden dubbel eller förstärkt isolering används ska potentialutjämnningen utföras som funktionsutjämning eftersom skyddsutjämning inte får utföras på sådan materiel.

Lokalt jordtag måste finnas om anläggningen även ska fungera som reservkraftsanläggning och arbeta skild från elnätet. Vägledning ges i handbok *"Reservkraftaggregat – Tekniska anvisningar för anslutning av reservkraftaggregat i kundanläggning"* som ges ut av Energiföretagen Sverige.

Nollpunkten i Y-kopplad generator som är direktansluten till lågspänningsnätet med egen last ska direktjordas till eget jordtag.

#### 4.2 RELÄSKYDD OCH FELBORTKOPPLING

För att skydda elnätet och produktionsanläggningen ska den vara försedd med elektriska skydd, så kallad reläskydd. Vilka skyddsfunktioner och inställda värden som ska användas finns bland annat reglerat med utgångspunkt i Förordning (EU) 2016/631 (RfG), Energimarknadsinspektionens föreskrifter (EIFS 2018:2), Elsäkerhetsverkets föreskrifter (ELSÄK-FS 2008:1), Elinstallationsreglerna (SS 436 40 00) och rekommenderade värden i detta avsnitt. Elnätsföretaget kan också ha lokala krav som påverkar inställda värden och skyddsfunktioner.

Elsäkerhetsverkets krav i föreskriften innehåller endast ett fåtal detaljbestämmelser för här aktuella anläggningar. ELSÄK-FS 2008:1 3 kap. 1 § och 5 § anger de

grundläggande relevanta säkerhetskrav rörande skyddsfunktioner som ska uppfyllas. Om svensk standard tillämpas som komplement till föreskrifterna anses anläggningen utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis.

För produktionsanläggningar typ A finns rekommenderade värden för skyddsfunktioner, vilka är listade i tabell 2. Dessa värden rekommenderas för alla produktionsanläggningar anslutna till lågspänningsnätet.

Tabell 2 Rekommenderade reläskyddsinställningar

Parameter	Funktions-tid [s]	Funktionsnivå
Överspänning (steg 2)	60	230 V + 10 %
Överspänning (steg 1)	0,2	230 V + 15 %
Underspänning	0,2	230 V - 15 %
Överfrekvens	0,5	>51,5 Hz
Underfrekvens	0,5	<47,5 Hz
Oönskad ö-drift	0,5	2,5 Hz/s

Spännings- och frekvensskydden har funktionen att skydda produktionsanläggningen mot avvikelser i elnätet samt att skydda elnätet från generering utanför inställda skyddsgränser. De har även funktionen att fränkoppla anläggningen då en del av elnätet blir bortkopplat från övriga elnätet med bibehållen drift, så kallad ö-drift.

Oönskad ö-drift (Eng. Loss of Mains) kan identifieras av exempelvis frekvensderivataskydd.

För att säkerställa att jordfel på mellanspänningsnätet kopplas bort och inte bakmatas från lågspänningsnätet vid balans mellan produktion och konsumtion bör en bedömning göras om NUS-skydd ska installeras i nätstationen. En rekommendation är att behovet av NUS-skydd finns då det är risk för att produktionen och konsumtionen riskerar att nå jämnvikt på facknivå i mellanspänningsnätet. Normalt kontrolleras detta genom att jämföra minimal last på facket under de senaste åren och jämföra detta med den totalt anslutna produktionen under det facket. Ingen hänsyn behöver normalt tas till huruvida jämnvikt kan ske på nätstationsnivå.

Utöver de skyddsfunktioner som är listade i tabell 1 ska anläggningen vara utrustad med kortslutningsskydd och i vissa fall jordfelsbrytare enligt SS 436 40 00 kap 551 och 712.

I enstaka fall kan det trots angivna skyddsinställningar enligt tabell 1 finnas risk för att produktionsanläggningen bidrar till en spänningsnivå i elnätet nära +10% under perioder. För att undvika längre perioder med hög spänning bör inte spänningsnivån överstiga 6 % ökning under en tiominutersperiod. Dessutom finns risk för att underspänningsskyddet kommer att lösa onödigt många gånger på grund av kortvariga spänningssänkningar (spänningsdippar) som är normalt förekommande i elnäten. Om dessa problem uppstår, kan det vara nödvändigt att korrigera inställningarna angivna i tabell 1 efter samråd med kunden.

Korrigeringsinställningar ska vara möjligt även efter anslutning av produktion. Här råder ömsesidigt ansvar från både nätägare och anläggningsinnehavare att ta upp en diskussion för korrigeringsinställningar.

### 4.3 FREKVENSSVARSINSTÄLLNINGAR

Kraven för konfiguration av frekvenssvarsinställningar nedan är tagna från i Energimarknadsinspektionens föreskrift EIFS 2018:2, EU-förordning 2016/631 (RfG) samt gällande svensk elstandard SS-EN 50549-1 (ersätter SS-EN 50438 2014 utg. 2).

Krav	Hänvisning
Anläggningen uppfyller krav på att förbli ansluten inom följande frekvensintervall: <ul style="list-style-type: none"><li>Minst 30 minuter inom frekvensområde 47,5 – 49,0 Hz</li><li>Obegränsat inom frekvensområde 49,0 – 51,0 Hz</li><li>Minst 30 minuter inom frekvensområde 51,0 – 51,5 Hz</li></ul>	EIFS 2018:2 3 kap §1
Anläggningen uppfyller krav på att förbli ansluten till nätet och fungera vid frekvensändringshastigheter upp till 2,0 Hz/s <sup>1</sup>	EIFS 2018:2 3 kap §2
Anläggningen uppfyller krav på att reducera sin aktiva uteffekt när frekvensen överstiger 50,5 Hz	EIFS 2018:2 3 kap §3
Statikfaktorn <sup>2</sup> har inställningsvärdet 8%	EIFS 2018:2 3 kap §4
Utmatad aktiv effekt från anläggningen reduceras med maximalt 3,0 procent per Hz vid frekvenser lägre än 49,0 Hz	EIFS 2018:2 3 kap §7
Automatisk återanslutning av anläggningen sker endast inom frekvensintervallet 47,5 – 50,1 Hz: <ul style="list-style-type: none"><li>Anslutning sker först då nätfrekvensen har befunnit sig inom detta intervall sammanhängande i minst 3 minuter</li></ul>	EIFS 2018:2 3 kap §8
Anläggningen uppfyller krav på ökning av utmatad aktiv effekt vid automatisk anslutning enligt: <ul style="list-style-type: none"><li>&lt; 49,9 Hz – Ökningstakt av utmatad aktiv effekt ej begränsad</li></ul>	EIFS 2018:2 3 kap §9

<sup>1</sup> Värdet på frekvensändringshastigheten ska vara uppmätt i anslutningspunkten och beräknas över en tidsperiod på 0,5 s.

<sup>2</sup> Statikfaktor är kvoten mellan en frekvensändring och ändringen av uteffekt uttryckt i procent. Frekvensändringen uttrycks som en kvot mellan nuvarande frekvens och nominell frekvens. Uteffekten uttrycks som en kvot mellan nominell effekt och utmatad effekt vid överfrekvens på nätet. Vid reglering av uteffekt på grund av överfrekvens så beräknas statikfaktorn utifrån anläggningens installerade effekt. Enligt paragraf 6 § i EIFS 2018:2.

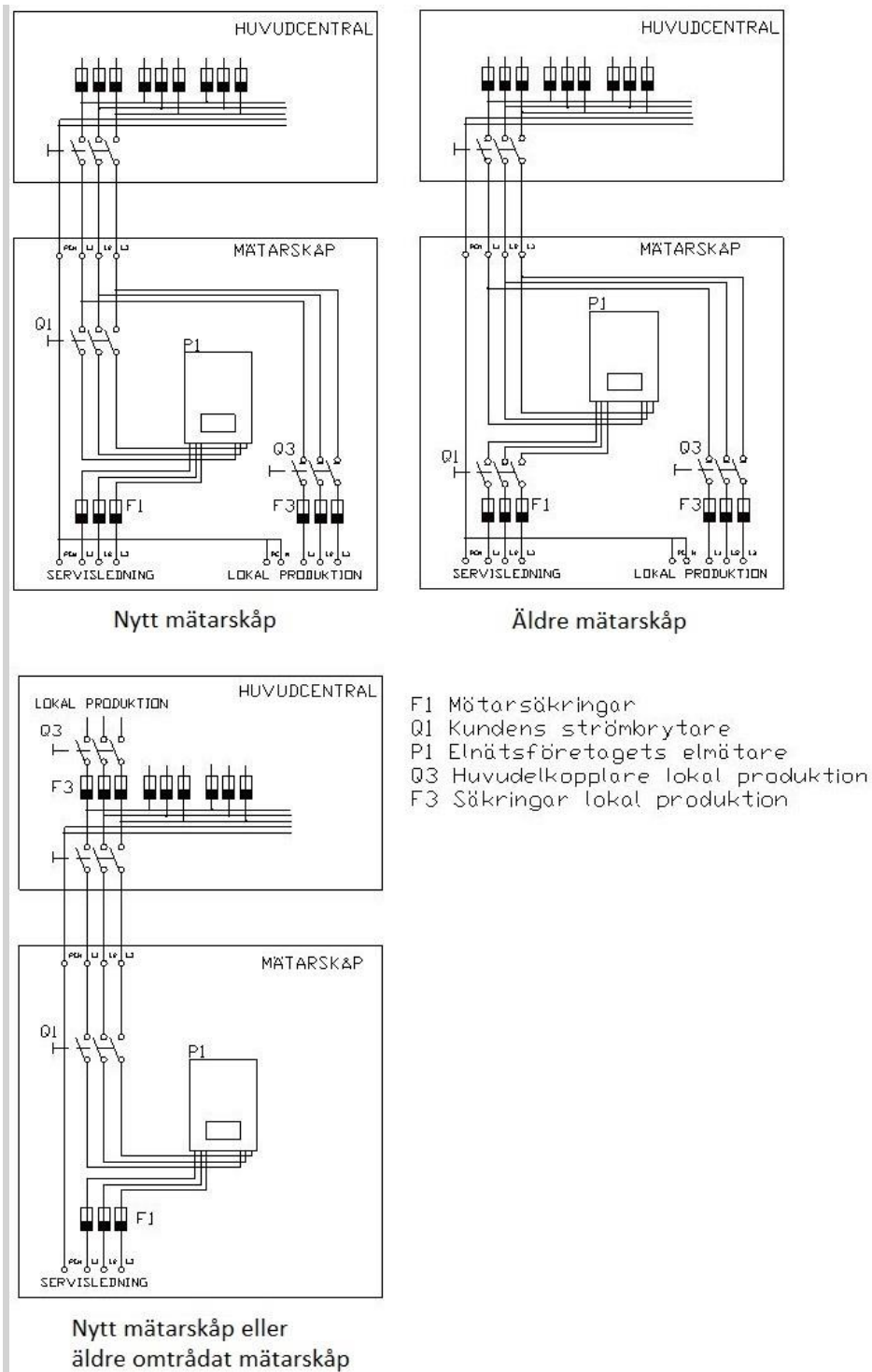
<ul style="list-style-type: none"><li>• 49,9–50,1 Hz – Ökningstakt av utmatad aktiv effekt är maximalt 10 procent av nominell uteffekt per minut</li><li>• &gt; 50,1 Hz – Ökning av utmatad aktiv effekt sker ej</li></ul>	
Lägsta aktiva uteffekt (i kW) som anläggningen kan regleras ner till vid överfrekvens ska redovisas	EIFS 2018:2 3 kap §5

#### 4.4 ÖVRIGA SKYDDSKRAV OCH SKYDDSANORDNINGAR.

För att elnätsföretagets personal ska kunna arbeta säkert vid nätägarens mätare och på det matande elnätet, ska elkopplare finnas som frånskiljer produktionsanläggningen. Elkopplare ska vara av typen lastfrånskiljare, ska vara låsbar i öppet läge och den ska vara åtkomlig för elnätsföretagets personal.

För produktionsanläggningar  $\leq 63A$  ska en elkopplare med brytarförmåga för anläggningens totala effekt finnas installerad i kundanläggningens mätarskåp. Om inte elkopplaren för produktionsanläggningen är enkelt åtkomlig för elnätsföretaget, kan mätarsäkringar och huvudelkopplare (kundens strömbrytare) utgöra frånskiljning vid arbeten på elmätaren. Denna lösning kan vid äldre anläggningar kräva omtrådning, så att elmätaren hamnar mellan dessa. Även byte av huvudelkopplare till en med frånskiljande och blockerbara egenskaper kan vara nödvändig vid detta alternativ. Ändringar i mätarskåpet/serviscentral kräver att dokumentation och märkning uppdateras.

För produktionsanläggningar  $\geq 80A$  ska en synlig och uppmärkt elkopplare som är låsbar i öppet läge installeras åtkomligt för elnätsföretagets personal. Den behöver inte sitta i direkt anslutning till elmätaren, men det måste framgå vid elmätaren och i huvudledningsschemat var elkopplaren är installerad (se även avsnitt 4.5 om märkning).



Figur 3 Exempel på inkoppling i måtarskåp. Kompletta beskrivning finns i SS 430 01 10, Mätarskåp.

## 4.5 MÄRKNING

I elnätsföretagets nätinformationssystem ska produktionsanläggningen tydligt märkas ut. Detta för att säkerställa att till exempel driftordrar skrivs på ett korrekt och säkert sätt.

### 4.5.1 Märkning i lågspänningsnät

Utifrån ett personsäkerhetsperspektiv (se även ELSÄK-FS 2008:1 3 kapitel 8 § och ELSÄK-FS 2008:2 11 §) är det mycket viktigt att märka upp alla delar i ett lågspänningsnät som har flera alternativa matningsvägar. Utöver detta har märkningen till uppgift att tydligt instruera hur anläggningen frånskiljs på ett säkert sätt. Av denna anledning ska det finnas märkning och dokumentation på ett flertal ställen.

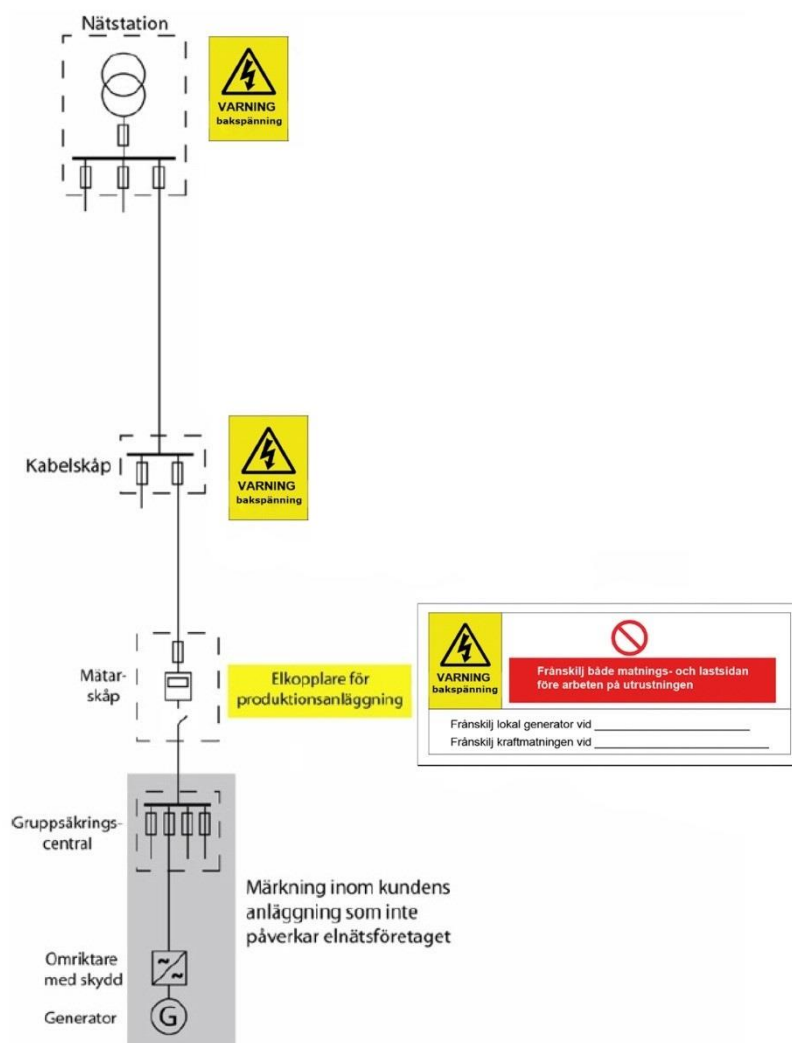
Antalet anslutna produktionsanläggningar ökar för närvarande i en allt snabbare takt (c:a 30 000 i slutet av 2019). Detta medför att den rekommenderade märkningen ute i elnätet har börjat förlora sin mening. Om denna märkning i stället sker på annat sätt till exempel i ett nätinformationssystem blir det mycket tydligare och användarvänligt. Arbete i nätdelar där produktion kan förekomma ska utföras efter riskhantering och enligt arbetsmetoder i ESA. Detta förutsätter att arbetsmetoder vid exempelvis byte av elmätare är anpassade till detta.

I den utgående standarden SS-EN 50438 finns en lista på minimikrav på märkning i mätarskåp och kundanläggning. Detta tillsammans med Elsäkerhetsverkets krav ger följande summa av minimikrav för märkning och dokumentation är:

- Mätarskåp eller servicentral hos kund.
- I huvudledningsschema för anläggningar  $\geq 80$  A.
- Samtliga kabelskåp mellan produktionsanläggningen och matande nätstation.
- I matande nätstation.
- Dokumentation i ett nätinformationssystem

Detta är illustrerat i figur 4, se nästa sida.

Elnätsföretaget kan söka dispens från föreskriftens krav, men då ska motiveringen varför märkning ska ske på annat sätt vara välgrundad.



Figur 4 Märkning i lågspänningsnät.

I direkt anslutning till elmätaren är det anläggningsinnehavarens ansvar att det finns en varningsskylt som informerar om att produktionsanläggning är ansluten samt skylt som visar vilken brytare som ska användas för frånkoppling av produktionsanläggningen. I de fall anläggningens huvudelkopplare används som brytare för produktionsanläggningen ska den vara märkt med skylt "Elkopplare för produktionsanläggning". Exempel på sådan skylt visas nedan (figur 6).

För anläggningar  $\geq 80\text{A}$  kan produktionsbrytaren sitta på annan plats än mätaren. Skylten nedan (figur 6) ska då användas vid placeringen av brytaren, och skylten i figur 5 används vid mätaren.





Figur 5 Exempel på skylt som varnar för bakspänning.

## Elkopplare för produktionsanläggning

Figur 6 Exempel på skylt som utmärker elkopplare för produktionsanläggning.

I SS 436 40 00 ges följande rekommendation angående märkning:

*I kraftförsörjningssystem med fotoelektriska solceller ska det finnas märkning som anger att solceller är installerade på en byggnad, detta är för att informera till exempel underhållspersonal, besiktningsmän, elnätsägare och räddningstjänst.*

*En särskilt utformad skylt ska monteras:*

- Vid anslutningspunkten,
- Vid elmätaren, och
- Vid den elcentral som omriktaren är ansluten till.

*I kraftförsörjningssystem med fotoelektriska solceller ska det dessutom finnas varselmärkning vid varje punkt där det är möjligt att komma åt spänningssatta delar på likströmssidan. Märkningen ska varna och ange att spänningssatta delar kan vara fortsatt spänningssatta, även efter fränskiljning. Omriktaren bör ha en märkning som anger att den ska fränskiljas mot såväl likströms- som växelströmssidan innan underhållsåtgärder utförs.*

För anläggningar  $\geq 80\text{A}$  ska märkning för produktion och brytare även förekomma i huvudledningsschemat.

Märkning i kundanläggning är anläggningsinnehavarens ansvar och ska vara utförd innan driftsättning av produktionsanläggning.

#### 4.6 DRIFT- OCH UNDERHÅLLSSÄKERHET

Innehavaren av produktionsanläggningen ansvarar för att anläggningen underhålls och drivs enligt gällande föreskrifter. För skydd mot person- och sakskada är det viktigt att anläggningens skyddsfunktioner kontrolleras vid installation. Därefter ska

funktionskontroll utföras periodiskt enligt leverantörens anvisningar. Som elnätsföretag är det bra att informera kunden om detta.

En förutsättning för god underhållssäkerhet är en väl fungerande dokumentation där information om underhållsintervall samt underhållsinstruktioner och dokumentation om komponenter finns tillgängligt hos anläggningsägaren. Dessa dokument ska via elinstallationsföretaget tillhandahållas av anläggningsleverantören.

#### 4.7 MÖJLIGHET TILL FJÄRRSTYRNING

I RfG ställs krav på att produktionsanläggningen ska vara utrustad med ett logikgränssnitt (en ingång) för att kunna stänga av den aktiva uteffekten inom fem sekunder från det att en instruktion tagits emot vid ingången. Den berörda systemansvarige ska ha rätt att ange krav på utrustning så att denna anordning kan fungera via fjärrstyrning (RfG, artikel 13 punkt 6).

Det finns i dagsläget inga krav på detta från någon systemansvarig men det måste enligt RfG ändå säkerställas att gränssnittet finns för framtida behov.

## 5. Mätning

### 5.1 MÄTNING AV ELPRODUKTION

Av ellagen, elförordningen och mätföreskrifterna följer att alla elproduktionsanläggningar ska timmätas och timavräknas.

En elanvändare som har ett säkringsabonnemang om högst 63 ampere och som producerar el vars inmatning kan ske med en effekt om högst 43,5 kilowatt ska inte betala någon avgift för inmatningen. Detta under förutsättning att denne i samma punkt där inmatning sker från elnätet på årsbasis tar ut minst lika mycket el som under året matats in (nettokonsument).

Mätutrustning ska placeras i mätarskåp eller serviscentral utförda enligt SS 430 01 10.

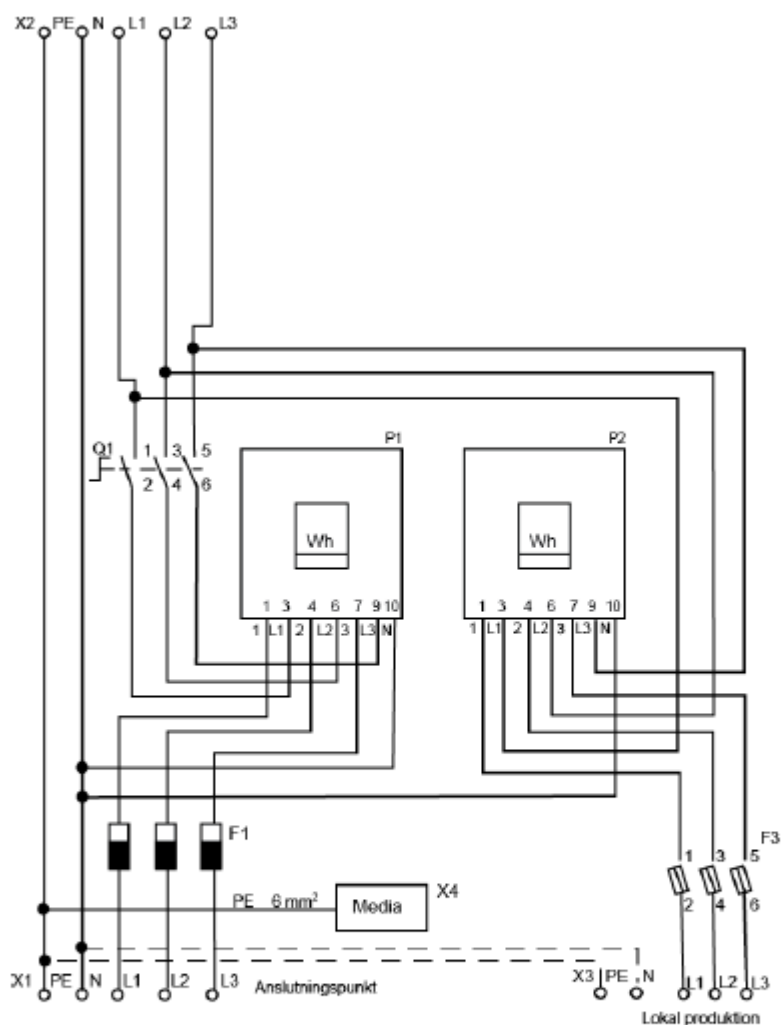
### 5.2 SÄRSKILT OM MÄTNING FÖR ELCERTIFIKAT OCH URSPRUNGSGARANTIER

Om elproducenten önskar, ska elnätsägaren rapportera elcertifikat och/eller ursprungsgarantier till Energimyndigheten för den el som inmatas till elnätet i anslutningspunkten.

Om produktionsägaren önskar få elcertifikat eller ursprungsgarantier för all produktion, så måste en särskild mätare installeras intill produktionsanläggningen. Elnätsägare eller annan kan erbjuda denna mätning med tillhörande rapportering som separat tjänst mot ersättning från produktionsägaren. Mätningen i dessa fall ska uppfylla de krav som ställs av Swedac.

Mätning på omriktare för statistik	- inga krav på mätningen
Mätning i utbytespunkten elnät	- mätaren ska uppfylla Swedacs krav
Mätning bruttomätning	- mätaren ska uppfylla Swedacs krav

I vissa fall kan det förekomma låga mätarsäkringar för konsumtion men stor produktion. Potentiellt kan detta medföra behov av en ombyggnad till trafomätning.



X1	Plint för elservis	F1	Mätarsäkring
X2	Mellanplint	Q1	Kunds strömbrytare
X3	Plint för lokalproduktion	P1	Elnätsföretagets mätning
X4	Medialåda	P2	Elmätare lokalproduktion
		F3	Säkringslastfrånskiljare eller lastfrånskiljare med säkringar

Figur 7 Placering av elcertifikatmätare (P2).

## 6. Dimensioneringsförutsättningar

Vid anslutning av småskalig produktion är det viktigt att säkerställa att produktionsanläggningen inte kommer att ge upphov till störningar eller dålig elkvalitet för den kund som ansluter produktionsanläggningen eller för någon annan kund i nätet.

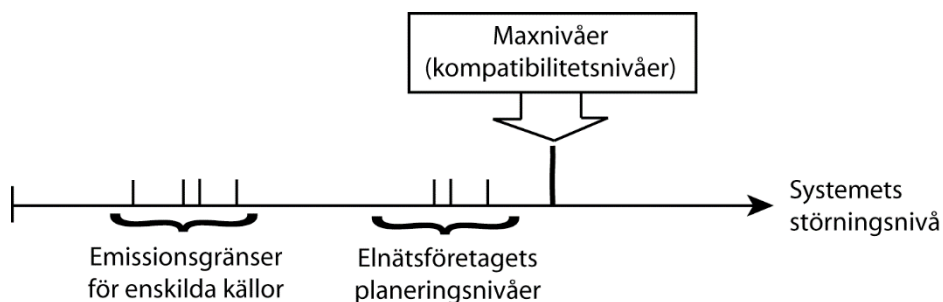
Elkvaliteten från en produktionskälla beror på samverkan mellan källan och elnätet, det vill säga både på produktionsanläggningens elektriska egenskaper och på det lokala nätets elektriska egenskaper. Det är således nödvändigt vid dimensioneringen att både betrakta produktionskällan med avseende på långsamma och dynamiska egenskaper samt nätet med avseende på kortslutningseffekt och kortslutningsvinkel vilket även kan benämnas som nätstyrka.

Nätstyrka kan beskrivas som ett näts förmåga att stå emot spänningsvariationer vid variationer i last och produktion. Nätstyrkan är betydelsefull för de flesta elkvalitetsparametrar. Att säkerställa tillräcklig nätstyrka vid planering av elnät är borgar för att kunderna får en god elkvalitet.

Ett lågspänningsnäts nätstyrka beror på storlek på transformatorer, tvärsnittsarea och längd på ledningar samt motsvarande faktorer i överliggande nät. Med andra ord är nätstyrka och nätimpedans olika ord för att beskriva samma sak. Förenklat kan detta beskrivas som att elnät i city oftast är starka nät och att landsbygdsnät med långa lågspänningsledningar och få anslutna kunder är svagare nät.

Olika produktionstyper påverkar nätet olika mycket med avseende på de långsamma och de dynamiska egenskaperna. Det finns i huvudsak fyra egenskaper att ta hänsyn till vid bedömningen av produktionsanslutningen. Det här kapitlet kommer att beskriva detta mer ingående.

Elnätsföretagets uppgift är därmed att säkerställa att den totala störningsnivån håller sig inom maxnivåerna. Det hjälpmedel som används för detta ändamål är de planeringsnivåer som elnätsföretaget fastställer. Utifrån planeringsnivåerna tilldelas olika kunder olika störningsutrymme. Då maxnivåerna speglar nätets uppbyggnad så kommer elnätskunders störningsutrymme att vara olika i olika delar av nätet. Sambandet mellan respektive elnätskunds störningsutrymme (emissionsgräns), elnätsföretagets planeringsnivåer samt normernas maxnivåer är illustrerade i figur 8.



Figur 8 Sambandet mellan respektive elnätskunds störningsutrymme (emissionsgräns), elnätsföretagets planeringsnivåer samt standardernas maxnivåer.

Mer om planering av störningsnivåer och spänningssgodhet finns att läsa i "EMC, elkvalitet och elmiljö: guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet", ELFORSK rapport 07:40.

## 6.1 MAXIMAL SPÄNNINGSÄNDRING VID IN- OCH URKOPPLING AV EN PRODUKTIONSANLÄGGNING

Enstaka spänningsändringar längs en ledning, eller mellan två knutpunkter, uppstår vid in- och urkoppling av en produktionsanläggning på samma vis som det sker spänningsändringar i nätet när vanliga laster kopplas in och ur. Här kan det noteras att solcellanläggningar sällan kopplas in eller ut vid hög produktion. Rekommendationen är att en in- och urkoppling av en produktionsanläggning maximala effekt inte ska ge upphov till större spänningsvariationer i nätet än vad tabell 3 visar. En beräkningsmodell för att beräkna detta beskrivs i kapitel 7.

Tabell 3 Gränsvärden för maximala spänningsnivåändringar

Maximal spänningsändring vid in- och urkoppling		Kortslutningseffekt / Anslutningseffekt
I anslutningspunkt mot kund	5 %	20
I sammankopplingspunkt mot andra kunder	3 %	34

För att förenkla hanteringen finns det rekommenderade värden på kortslutningseffekten i nätet vid anslutning av en trefasig produktionsanläggning samt förimpedans vid anslutning av en enfasig produktionsanläggning. Vid en trefasig anslutning bör nätets kortslutningseffekt i anslutningspunkten vara 20 (1/0,05) ggr större än den installerade produktionen och i sammankopplingspunkten bör nätets kortslutningseffekt vara minst 34 (1/0,03) ggr större än den installerade effekten (tabell 3). Vid enfasiga produktionsanläggningar kan på motsvarande sätt diagrammet i bilaga 2 användas för att förenkla handläggningen.

### 6.1.1 In- och urkopplingar

För att möta krav på snabba spänningsändringar enligt EIFS 2013:1 kan antalet in- och urkopplingar av hela produktionsanläggningens effekt behöva begränsas. För anläggningar med större utmatad effekt än angivet i tabell 4 nedan bör antalet in- eller urkopplingar inte överstiga 6 gånger per dygn förutsatt att nätet dimensioneras enligt denna handbok. Fler starter kan tillåtas efter diskussion mellan nätägare och kund.

Tabell 4

Begränsat antal in- och urkopplingar för anläggningar med en utmatad effekt större än nedan angivet	
16-25A, Enfasigt ansluten produktionsanläggning	2 kW
16-25A, Trefasigt ansluten produktionsanläggning	12 kW*
35-63A, Trefasigt ansluten produktionsanläggning	24 kW

\* För 16 A abonnemang begränsas maximal utmatad effekt till 11kW p g a säkringsstorlek.

För att begränsa spänningssänkningen vid inkoppling av asynkrongeneratorer, som inte är försedda med särskild startanordning för begränsning av inkopplingsströmmen, ska inkopplingen ske vid 98 – 102% av det synkrona varvtalet.

Vid inkoppling av asynkrongenerator, kan man magnetisera generatormed kondensatorer före inkoppling mot nätet för att hålla nere inkopplingsströmmen. Utan magnetisering kan inkopplingsströmmen bli i storleksordningen 4 gånger märkström, under c:a 1 sekund.

## 6.2 LÅNGSAMMA SPÄNNINGSVARIATIONER

Beroende på belastningsändringar i nätet varierar spänningens effektivvärde med årstid och tid på dygnet. Standarden SS-EN 50160 och föreskriften EIFS 2013:1, som beskriver spänningsgodhet i elnät upp till och med 35 kV, anger att effektivvärdet ska ligga inom intervallet  $\pm 10\%$  och mätt som 10-minuters medelvärde. Detta är det förväntade variationsområdet för driftspänningen, alltså den spänning som råder i det verkliga nätet. Så stora variationer får dock inte beräknad inverkan av produktionsanläggningar orsaka, beräkningsområdet ska täcka lastvariationer och de spänningsfall som uppstår längs en radialmatad ledning. Vid planering av nät och beräkning av spänningsfall måste nätägaren därför använda ett snävare beräkningsområde.

Den övre nivån gäller även produktionsanläggningar och därför bör i lågspänningsnät distributionstransformatorns omsättningsförhållande väljas så att tomgångsspänningen ej överstiger 230 V. Finns kunder anslutna till nätstationen

måste spänningsnivån vara högre för att kompensera för spänningsfallet i lågspänningsledningen. Tomgångsspänningen bör dock i dylika fall aldrig överstiga 235 V om produktion i anslutningspunkten ska vara möjlig.

I relevanta fall kontrolleras de två extremfall av långsamma spänningsändringar som kan förekomma, maximal belastning och ingen produktion samt minimal belastning och full produktion. Generellt bör mellanspänningens variationer inkluderas, men en något förenklad beräkning där enbart lågspänningsnätet ingår är också möjlig.

Spänningsskillnaden mellan respektive extremfall rekommenderas vara max $\pm 5\%$  i nätet. Om de långsamma spänningsändringarna i matande mellanspänningsnät bedöms vara små kan en större spänningsändring tillåtas i lågspänningsnätet. Dock bör den totala spänningsändringen inte överstiga  $\pm 8\%$ . Värdena är erfarenhetsbaserade och gäller vid beräkningar med trefasig produktion och last.

Tabell 5

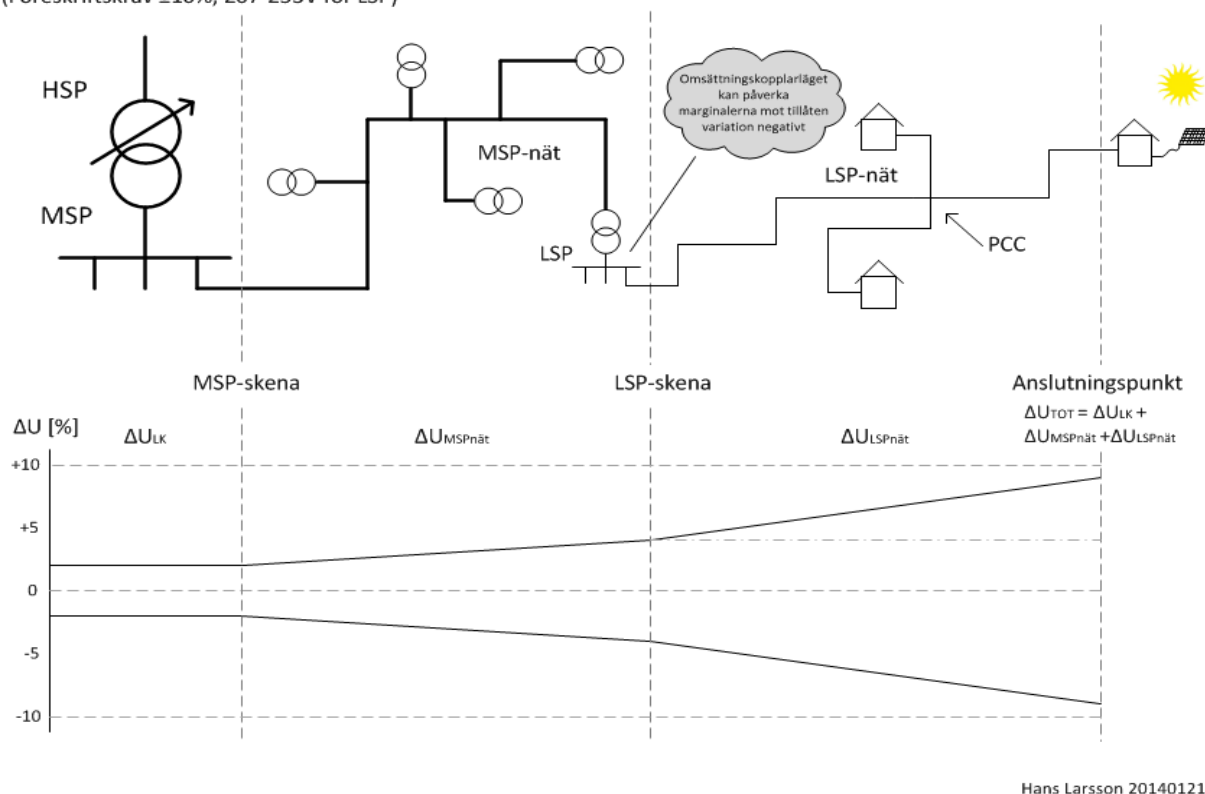
Rekommenderade planeringsnivåer för långsamma spänningsändringar	
Total sp.ändring lågspänning+högspänning	$\pm 8 \%$
Beräkning enbart med lågspänning	$\pm 5 \%$

Figur 9 visar att den spänningsändring som blir hos kund beror på hur spänningen varierar i flera nätdelar. Undre linjen motsvarar maximal konsumtion och minimal produktion, den övre minimal konsumtion och maximal produktion.



## Långsamma spänningsvariationer -schematisk bild

(Föreskriftskrav  $\pm 10\%$ , 207-253V för LSP)

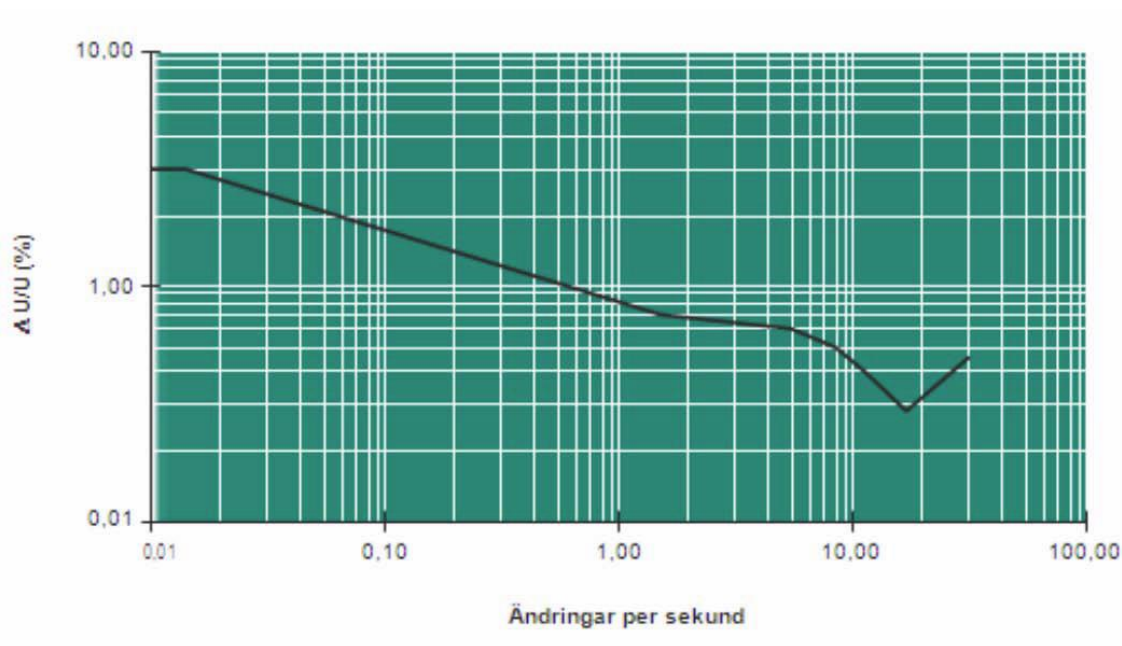


Figur 9 Schematisk bild – långsamma spänningsvariationer.

### 6.3 FLIMMER

Flimmer (Engelska: flicker) uppstår till följd av variationer i inmatad eller uttagen effekt. För produktionsanläggningar är det främst vindkraftverk som ger upphov till flimmer men även en solkraftanläggning kan orsaka störningar.

Snabba spänningsändringar förorsakade av vindkraftverk uppstår både vid start och drift. Spänningsförändringar vid drift beror i första hand på effektpulsationer orsakade av tornskugga och vindgradient, så kallad 3-p pulsationer. Om till exempel en turbin har tre blad och roterar med 30 varv per minut uppstår tre ändringar per sekund. Enligt figur 10 får då inte spänningsändringen överstiga 0,65% för en flimmeremission motsvarande  $Pst=1$  som ett viktat genomsnitt över 10 minuter. Kurvan i figur 10 definierar flimmeremissionen  $Pst=1$ . Enstaka snabb spänningsändring som förorsakas av strömändring i anslutningen får på motsvarande sätt uppgå till högst 3% om den inträffar högst en gång under två timmar.



Figur 10 Regelbundet återkommande stegvisa ändringar av spänningens effektivvärde i procent som ger flimmervärdet  $P_{st} = 1,0$ .

Effektpulsationer under drift förekommer i första hand hos vindkraftverk som arbetar med konstant varvtal, det vill säga som har en generator direkt ansluten till nätet. Ett uppmätt värde på flimmerkoefficienten,  $c(\Psi_k)$ , krävs enligt SS-EN 61400-21 från tillverkaren av vindkraftverket. Saknas värdet beräknas spänningsändringen förorsakat av effektpulsationer med en flimmerkoefficient,  $c(\Psi_k)=20$ .

Spänningsändringar vid start beror i första hand på magnetiseringen av generatoren. Vindkraftverk startar normalt sett automatiskt vid låga vindhastigheter och ger då en aktiv uteffekt lika med eller nära noll, däremot upptas en reaktiv effekt från nätet. Den reaktiva effekt som upptas vid magnetisering av generatoren beror till stor del på hur länge mjukstartaren körs. Normalt körs mjukstartartaren 2-3 sekunder på pitchreglerade vindkraftverk och 0,2 sekunder på stallreglerade vindkraftverk. Ett värde på spänningsändringsfaktorn,  $ku(\Psi_k)$ , krävs enligt SS-EN 61400-21 från tillverkaren av vindkraftverket. Spänningsändringsfaktorn är den uppmätta spänningsändringen under en linjeperiod som uppträder vid inkoppling av ett vindkraftverk. Den bestäms utifrån uppmätt ström och spänning mot ett referensnät med nätets kortslutningsvinkel,  $\Psi_k$ , som parameter. Vid avsaknad av värde beräknas spänningsändringen med en spänningsändringsfaktor,  $ku(\Psi_k)=3$ .

För solkraftanläggningar är det sällan variationer i solinstrålningen som ger flimmer. Istället kan flimmer uppstå på grund av olika styrningar i kraftelektroniken, både på likspänningssidan och i växelriktaren. Detaljer av detta är svårt att få från tillverkaren och kräver detaljerade mätningar som bara kan göras efter anslutningen. Information

från tillverkaren om flimmer mot en referensimpedans kan användas för att uppskatta flimmerbidrag från en solcellsanläggning.

I SS-EN 61000-2-2 anges kompatibilitetsnivåer för flimmer. För lågspänningsnät är kompatibilitetsnivåerna för flimmer  $P_{st}=1$  och  $P_{lt}=0,8$ . Enligt SS-EN 61000-3-3 kan en produktionskälla tillåtas ha en flimmeremission motsvarande  $P_{st}=1$  och  $P_{lt}=0,65$  i ett givet referensnät. Detta referensnät är dock mycket starkt i förhållande till många lågspänningsnät i verkligheten. Konsekvensen blir att en produktionskälla med  $P_{st}$ -värde = 1 i referensnätet med stor sannolikhet innebär flimmerproblem i ett verkligt nät. Detta då ett verkligt nät vanligtvis har betydligt högre förimpedans än referensnätet samt att även andra storkällor påverkar flimmernivån. Gränsvärden för flimmeremission i SS-EN 61000-3-3 frångås därmed.

Gränsvärden för rekommendation om maximalt tillåten flimmeremission finns redovisade i tabell 6 nedan.

Tabell 6

Rekommenderade gränsvärden för tillåten flimmeremission			
	Parameter:	Rekommenderat Gränsvärde:	Impedans för referensnät
Enfas	$P_{st}$	0,35	$Z_{ref} = 0,4+j0,25$ Ohm
	$P_{lt}$	0,25	
Trefas	$P_{st}$	0,35	$Z_{ref} = 0,24+j0,15$ Ohm
	$P_{lt}$	0,25	

Referensnätet är definierat i SS-EN 61000-3-3 som gäller utrustning  $\leq 16A$ . För utrustning med märkström  $\leq Re 75A$  gäller SS-EN 61000-3-11 och där hänvisas till samma referensnät som i 61000-3-3. Över 75 A hänvisas till SS-EN 61400-21.

$P_{st}$  flimrets korttidsvärde mätt över en tiominutersperiod

$P_{lt}$  flimrets långtidsvärde mätt över en tvåtimmarsperiod

## 6.4 ÖVERTONER OCH MELLANTONER

Övertoner är periodiska ström- eller spänningskomponenter med en frekvens som är en heltalsmultipel av grundtonsfrekvensen. Övertoner (eng. harmonics) betecknas med sin heltalsmultipel, exempelvis kallas en överton med frekvensen 150 Hz för den 3:e tonen. Mellantoner (eng. interharmonics) är på motsvarande sätt periodiska ström- eller spänningskomponenter med en frekvens som inte är en heltalsmultipel av grundtonsfrekvensen.

Övertoner och mellantoner kan förekomma såväl i nätspänningen som i strömmen från anslutna objekt. Övertoner i nätspänningen anses uppkomma genom att en del anslutna objekt har så kallad olinjär karakteristik, det vill säga genererar övertoner i den från nätet uttagna strömmen. Det finns även olinjära element i lågspänningsnätet, där transformatorn är den som är mest bidragande. Vid hög driftspänning blir transformatorn en källa för övertoner vilket innebär att risken för övertoner ökar när mer produktion ansluts till distributionsnätet. Det finns ingen direkt information om hur stor emissionen kommer att bli men det är ändå mest sannolikt att huvudkällan av övertoner i lågspänningsnät kommer att vara apparater hos kunderna. Den samlade återverkan på nätet från olinjära anslutningsobjekt uppträder alltså som en förekomst av övertoner i nätspänningen, vars nivåer är nätägarens ansvar.

I SS-EN 61000-4-7 anges hur över- och mellantoner ska beräknas. Standarden *SS-EN 50160* och föreskriften EIFS 2013:1 anger för nätspänningens relativa övertonshalt nivåer enligt tabell 7. I *SS-EN 50160* finns inte något gränsvärde för mellantonsgrupper angivet. Det bör poängteras att mellantoner inte ingår i THD (eng. Total Harmonics Distortion) eftersom det bara är ett mått på det totala övertonsinnehållet. Den totala harmoniska distorsionen definieras som:

$$THD = \sqrt{\sum_{i=2}^{i=n} \left(\frac{U_i}{U_1}\right)^2}$$

där  $U_1$  är nätspänningens grundton och  $U_i$  är nätspänningens överton av ordning  $i$ . Enligt både *SS-EN 50160* och *SS-EN 61000-2-2* ska övertoner upp till 40:e ordningen medtas.

Tabell 7 Nivåer för nätspänningens relativa övertonshalt enligt SS-EN 50160 och EIFS 2013:1.

Udda övertoner				Jämna övertoner	
Ickemultipler av 3		Multipler av 3			
Ordning h	Relativ Spänning	Ordning h	Relativ Spänning	Ordning h	Relativ Spänning
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1,5%	4	1%
11	3,5%	15	0,5%	6.....24	0,5%
13	3%	21	0,5%		
17	2%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25	1,5%				

Emission av mellantoner ska undvikas men eftersom det vid produktion ansluten till lågspänningsnätet är i praktiken nästan bara "off-the-shelf" apparater som ansluts så har kunden ingen insyn alls i vad som kommer att skickas in till nätet. Förekommer kännedom om att anläggningar kommer att avge mellantoner ska samråd med nätägaren ske redan i projektstadiet.

Det har visat sig att solcellanläggningar kan vara en källa till mellantoner, men detaljerna är fortfarande mycket otydliga och olika forskare har olika synpunkter på detta. För att få en bättre koll på detta kan det vara lämpligt att man som elnätsföretag håller koll på övertonsnivåerna genom att mäta i lågspänningsnät med flera solcellsanläggningar anslutna.

Anslutna anläggningar får ej avge likströmskomponent.

Det finns två olika standarder som anläggningarna ska uppfylla. För max 16 A gäller SS-EN 61000-3-2 och för intervallet 16-75 A är det SS-EN 61000-3-12. För anläggningar som är större än 75 A saknas en relevant standard och rekommendationen är att följa samma regler som i AMP-handboken vilket innebär att mellantoner och individuella strömövertoner ska redovisas separat.

## 6.5 OLIKA PRODUKTIONSSLAGS PÅVERKAN PÅ NÄTET

Olika produktionskällor påverkar nätet olika mycket vilket gör att vissa produktionskällor ibland benämns som snällare mot nätet än andra. Av de fyra vanligaste produktionslagen: solceller, vindkraft, småskalig vattenkraft samt småskaliga kraftvärmeanläggningar så är vindkraften det produktionslag där det finns risk för mest störningar på nätet. Det är därför viktigt att utreda samtliga av de fyra nätpåverkansfaktorer som beskrivits ovan. För vattenkraft och kraftvärmeanläggningar är det framförallt de snabba och de långsamma spänningsvariationerna som behöver utredas och kontrolleras. Risken att flimmer och övertoner ger upphov till störningar på nätet från dessa produktionslag kan anses som mycket små så länge nätet dimensioneras utifrån de rekommenderade dimensioneringskrav som beskrevs i avsnitt 6.1 och 6.2. Det gäller givetvis också att de produktionskällor som ska anslutas inte överskrider de gränsvärden för övertoner respektive flimmer som anges i avsnitt 6.3 och 6.4.

Tabellen nedan summerar vilka faktorer som är viktiga att kontrollera för respektive produktionslag.

Tabell 8 Sammanfattning över nätpåverkansfaktorer för respektive produktionslag.

	Maximal spänningsändring	Långsam spänningsändring	Övertoner	Flimmer
Vindkraft	Ja	Ja	Ja	Ja
Solceller	Ja	Ja	Ja	Nej
Vattenkraft	Ja	Ja	Nej	Nej
Kraftvärme	Ja	Ja	Nej	Nej

Oavsett produktionslag kan dock problem uppstå vid ett större antal anläggningar. Här är rekommendationen att hålla koll på nivåerna genom permanenta eller tillfälliga mätningar.

## 7. Beräkningsmetoder

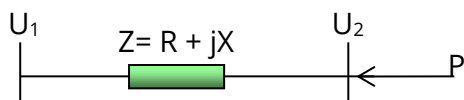
Det här kapitlet kommer att beskriva hur de olika faktorerna som beskrevs i avsnitt 6 kan beräknas och kontrolleras.

### 7.1 MAXIMAL SPÄNNINGSÄNDRING VID IN- OCH URKOPPLING AV EN PRODUKTIONSANLÄGGNING

Enstaka spänningsändringar längs en ledning, eller mellan två knutpunkter, som förorsakas av ansluten produktion kan beräknas enligt nedanstående förenklade uttryck.

$$\frac{\Delta U}{U_1} \cong \frac{R \cdot P + X \cdot Q}{U_1^2} \cdot 100\%$$

$\Delta U$  är skillnaden mellan spänningen före och efter in- eller urkoppling. Resistans ( $R$ ) och reaktans ( $X$ ) utgör nätets impedans ( $Z$ ). För trefasigt ansluten produktion används nätets kortslutningsimpedans och för enfasigt ansluten produktion används nätets förimpedans (jordslutningsimpedans).  $U_1$  är i detta fall spänningen innan spänningsändring (om denna inte är känd används märkspänningen). För trefasigt ansluten produktion används huvudspänning och för enfasigt ansluten produktion används fasspänning. Beräkningen utförs utan inverkan från andra produktions- och förbrukningskällor. Antagandet kan göras genom antagandet att två oberoende produktionskällor inte kommer att kopplas in eller ur samtidigt.



Figur 11 Impedansmodell för beräkning av snabba och långsamma spänningsvariationer.

$P$  är produktionskällans aktiva effekt,  $Q$  är produktionskällans reaktiva effekt med referensriktning enligt figur 11.

### 7.2 LÅNGSAMMA SPÄNNINGSVARIATIONER

De långsamma spänningsvariationerna i nätet beräknas genom spänningen i nätets olika punkter beräknas för två extremfall, maximal produktion och minimal konsumtion respektive ingen produktion och maximal konsumtion. Den går bra att räkna om det är en enskild radial till produktionsanläggningen alternativt ett litet begränsat nät eftersom antalet beräkningspunkter då inte blir så många. Det är samma ekvation som i avsnitt 7.1 som används i dessa beräkningar. Om det blir fler än en produktionsanläggning i samma lågspänningsnät alternativt att det är ett stort nät

så kan beräkningen snabbt bli ganska omfattande. Det rekommenderas därför att ha en programvara som kan utföra spänningsberäkningarna i samtliga punkter för de två olika fallen.

### 7.3 FLIMMER

Flimmer förorsakade av produktionsanläggningar kan uppstå både vid start och drift. Flimmeremissionen under en tvåtimmarsperiod från en enskild källa i sammankopplingspunkten ska enligt *SS EN 61000-3-7* understiga  $P_{lt}=0,25$ .

#### 7.3.1 Start

Erforderlig kortslutningseffekt,  $S_k$ , i anslutningspunkten vid en enkel inkoppling kan bestämmas med hjälp av fabrikantens upplysning om spänningsändringsfaktor,  $k_u(\Psi_k)$ , som:

$$S_k \geq 25k_{u\max}(\Psi_k)S_{ref}$$

där  $S_{ref}$  är kraftverkets skenbara referenseffekt. Det högsta värdet på spänningsändringsfaktorn ska användas. Detta uppträder vanligtvis under start vid märkvind (vid vindkraft). Saknas angivet värde beräknas spänningsändringen med en spänningsändringsfaktor,  $k_u(\Psi_k)=3$ .

Flimmeremissionen vid ett upprepat antal starter bestäms av formen på spänningsvariationen som kraftverkets start orsakar. Eftersom spänningsvariationen beror på kortslutningsvinkeln i anslutningspunkten bör tillverkaren ange kraftverkets flimmerstegfaktor som funktion av kortslutningsvinkel,  $k_f(\Psi_k)$ . Vidare bör antalet inkopplingar per timme begränsas av kraftverkets styrutrustning. Erforderlig kortslutningseffekt kan bestämmas utgående från flimmerstegfaktorn,  $k_f(\Psi_k)$ , och det maximala antalet inkopplingar,  $N_{120}$ , under en tvåtimmarsperiod beräknas enligt:

$$S_k \geq 8 \frac{1}{P_{lt}} k_f(\Psi_k) N_{120}^{3,2} S_{ref}$$

Om flera kraftverk ansluts till samma punkt är det maximala antalet inkopplingar lika med antalet verk multiplicerat med det maximala antalet inkopplingar per verk.

Den sammanlagda flimmeremissionen förorsakad av start av olika verk anslutna till samma punkt summeras lämpligen enligt:

$$P_{lt,tot} = \sqrt[3,2]{\sum_k P_{lt,k}^{3,2}}$$

där  $P_{lt,k}$  är flimmeremissionen från kraftverk nummer  $k$ .



### 7.3.2 Drift

Vindkraftverk kan förorsaka flimmer under drift. Nätets kortslutningsvinkel,  $\Psi_k$ , har en stor inverkan vid beräkning av flimmer under drift. Erforderlig kortslutningseffekt beräknas därför utifrån tillverkarens uppgifter om flimmerkoefficient,  $c_f(\Psi_k)$  som

$$S_k \geq \frac{1}{P_{lt}} C_f(\Psi_k) S_{ref}$$

Normalt kan avvikelsen på flimmerkoefficient beroende på skillnad i turbulensintensitet mellan provplats och uppställningsplats bortses från.

Vid anslutning av flera likadana kraftverk till samma punkt beräknas erforderlig kortslutningseffekt som:

$$S_k \geq \frac{1}{P_{lt}} C_f(\Psi_k) S_{ref} \sqrt{k}$$

där  $k$  är antalet vindkraftverk.

Sammanlagd flimmeremission från flera olika vindkraftverk under drift kan summeras enligt:

$$P_{lt,tot} = \sqrt{\sum_k P_{lt,k}^2}$$

där  $P_{lt,k}$  är flimmeremissionen från vindkraftverk nummer  $k$ .

### 7.3.3 Beräkning av flimmervärdet vid olika punkter i ett nät.

Flimmer fortplantar sig obehindrat ut i nätet mot en lägre kortslutningseffekt. Det innebär att den flimmernivå som genereras i punkt 1 i ett nät, inte dämpas utan fortplantas obehindrat till punkt 2 om punkt 2 har lägre kortslutningseffekt än punkt 1. Om exempelvis ytterligare ett kraftverk installeras i 2 kan de olika flimmeremissionerna räknas samman enligt ekvation 10.8 till ett totalt flimmer i punkt 2.

Flimmervärdet avtar däremot när det när det fortplantar sig mot en punkt med högre kortslutningseffekt en den ursprungliga punkten. Reduktionen beräknas enligt:

$$P_{st1} = P_{st2} \cdot \frac{S_{k2}}{S_{k1}}$$

där  $P_{st1}$  är flimret i punkt 1 och  $P_{st2}$  flimmer i punkt 2 och  $S_k$  är kortslutningseffekterna i respektive punkter. Den kortslutningseffekt som används här är inte samma som den som ger kortslutningsströmmen. Växelriktaren i exempelvis solcellsanläggningar bidrar inte till kortslutningsströmmen men bidrar till den kortslutningseffekt som avses här.

## 7.4 ÖVERTONER

Kraftverk som arbetar med variabelt varvtal kan förorsaka övertoner på nätet. Tillverkaren bör upplysa om förekomsten av övertoner och mellantoner i strömmen. Tillåten amplitud på strömövertoner beräknas som:

$$i_n = \frac{u_n U^2}{Z_n S_{max}}$$

där  $u_n$  är tillåten spänning för överton av ordningstal  $n$ ,  $U$  är nominell nätspänning,  $S_{max}$  är vindkraftverkets maximala skenbara effekt och  $Z_n$  nätimpedansen för överton av ordningstal  $n$ .

I en given punkt på radialen kan nätimpedansen,  $Z_n$ , för överton av ordningstal  $n$  med god approximation skrivas som:

$$Z_n \cong n(X_k + X_l)$$

där  $X_k$  är transformatorns kortslutningsreaktans för grundtonen,  $X_l$  är reaktansen i ledningen för grundtonen och  $n$  är övertonens ordningstal. Med transformatorn avses transformatorn i det överliggande nätet, ej kraftverkets transformator.

Ekvationen för impedans mot övertonstal gäller innan resonansen. Kommer man i närheten av resonansfrekvensen gäller den inte längre. Resonansfrekvensen är inte helt känd i lågspänningsnät men ligger vanligtvis någonstans mellan 1 kHz och några kHz. Det betyder att ekvationen gäller i alla fall ungefär till 10:e ton, men över det behövs det andra metoder att uppskatta impedansen.

# Bilagor

Bilaga 1      Ordförklaring

Bilaga 2      Kurva för förenklad bedömning av nätstyrka

Bilaga 3      Beräkningsexempel

Bilaga 4      Anmälan anslutning av produktion till lågspänningsnätet

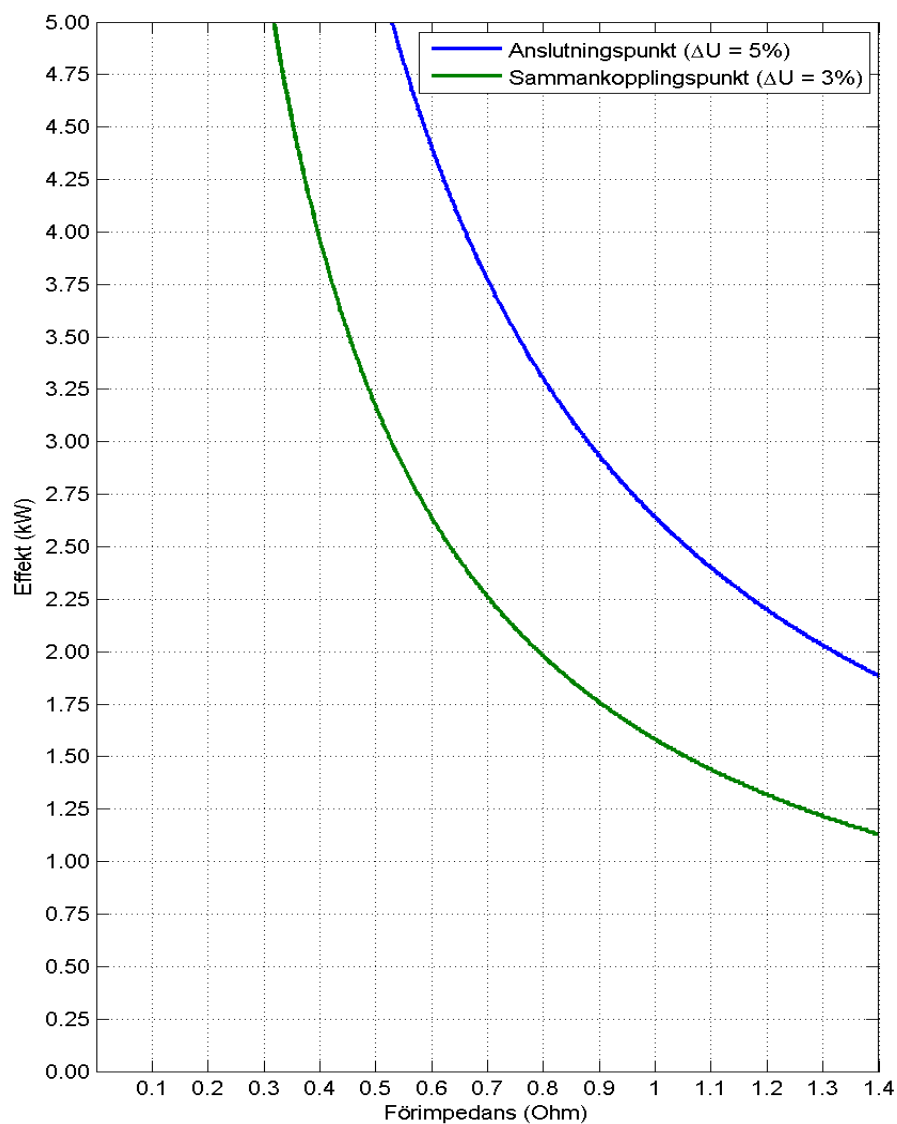
## Bilaga 1 Ordförklaringar

Anslutningspunkt	Den punkt i vilken elektrisk energi kan överföras mellan en kundanläggning och ett koncessionspliktigt nät.
Förimpedans	Impedansen i det matande elnätet.
Generator	Produktionskälla som innehåller en roterande maskin.
Kortslutningseffekt	Den maximala effekt som kan utvecklas vid en kortslutning mellan fas och jord.
Kortslutningsimpedans	Den sammanlagda impedansen i nätet bakom en kortslutning.
Loss of Mains (LoM)	Produktionsanläggningen har tappat anslutningen till elnätet.
Maximal angiven effekt, $P_{\max}$	Den maximala effekt, mätt som ett 10 minuters medelvärde, som produktionsanläggningen inte överskrider. För solceller gäller att det är den minsta effekten av antingen paneler eller växelriktare.
Point of Common Coupling(PCC), Sammankopplingspunkt	Punkten i ett elnät, elektriskt närmast till en specifik anläggning, och till vilken andra installationer är eller kommer att anslutas. Installationen tillåts både att tillföra och konsumera elektricitet.
Ö-drift	Produktionskälla som matar lokalt nät frånkopplat från det allmänna elnätet.

Fotnot: Beträffande övriga definitioner hänvisas till gällande Standard, föreskrifter och [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

## Bilaga 2 Kurva för förenklad bedömning av nätstyrka

Nödvändig nätstyrka vid enfasig anslutning.



## Bilaga 3 Beräkningsexempel

Det som i första hand är dimensionerande vid anslutning av småskalig produktion är främst de långsamma spänningsvariationerna. I detta kapitel redovisas beräkningar av långsamma spänningsvariationer samt relevanta förenklingar.

### Metod för beräkning av långsamma spänningsvariationer

Den metod som används för att beräkna spänningsvariationer är förenklad och bygger på att absolutvärdet för respektive impedans adderas. Detta motsvarar den metod som benämns "Metod ett" i SS 424 14 05 (avsnitt 8.6.1) (Svensk Standard SS 424 14 05, utgåva 2, *Ledningsnät för max 1000 V – Dimensionering med hänsyn till utlösningvillkoret*, Svenska Elektriska Kommissionen, 1993). Att addera de olika impedansernas absolutvärden gör att den resulterande impedansen samt även de framräknade spänningsvariationerna blir högre än om en mer noggrann beräkningsmetod väljs. Om beräkningsresultatet påvisar spänningsvariationer som överskrider gränsvärdena bör en kontroll göras med en mer noggrann metod.

Kablar i lågspänningsnät (inklusive ALUS) har ett stort R/X-värde. Av denna anledning kan den induktiva delen av kabelns impedans försummas och kablarna kan ses som rent resistiva.

Inverkan av spänningsfall över nätstationstransformator kan försummas för transformatorer större än 100 kVA då kabelnät används mellan nätstation och kund. Detta beror på att transformatorer domineras av den induktiva delen i impedansen och kablar domineras av den resistiva delen.

### Spänningsvariationer vid trefasig produktion

Som trefasig produktion räknas produktionsanläggningar med trefasig växelriktare och trefasiga generatorer direktanslutna till elnätet. Anläggningar uppbyggda av flera enfasigt anslutna växelriktare är att betrakta som trefasigt anslutna om de är försedda med obalansskydd. Vid beräkning av spänningsvariationer för produktionsanläggningar används kabelimpedansen mellan nätstation och produktionsanläggningar. Då produktionen är ansluten till transformator med liten märkeffekt (upp till 100 kVA) kan det vara lämpligt att ta med spänningsändringen över transformatorn, särskilt om det är risk för att produktion och konsumtion inte sammanfaller (gäller främst solcellsanläggningar).

### Spänningsvariationer vid enfasig produktion

För beräkningar av spänningsvariationer vid enfasig produktion används jordslutningsimpedansen, i denna text kallad förimpedansen. De förimpedansvärden för transformatorer som används i beräkningsexemplen är schablonvärden hämtade från Svensk standard SS 424 14 06 (Svensk Standard SS 424 14 06 utgåva 2, *Ledningsnät för max 1000 V – Dimensionering med hänsyn till utlösningvillkoret – Enkel kabel i direkt jordat nät, skyddad av säkring (förenklad metod)*, Svenska Elektriska Kommissionen, 2005). Dessa värden är listade i tabell 2.

## Spänningsvariationer vid flera produktionsanläggningar

För att bedöma spänningsvariationerna i sammankopplingspunkten av flera produktionskällor, kan en förenklad beräkning göras. Se exempel 4.

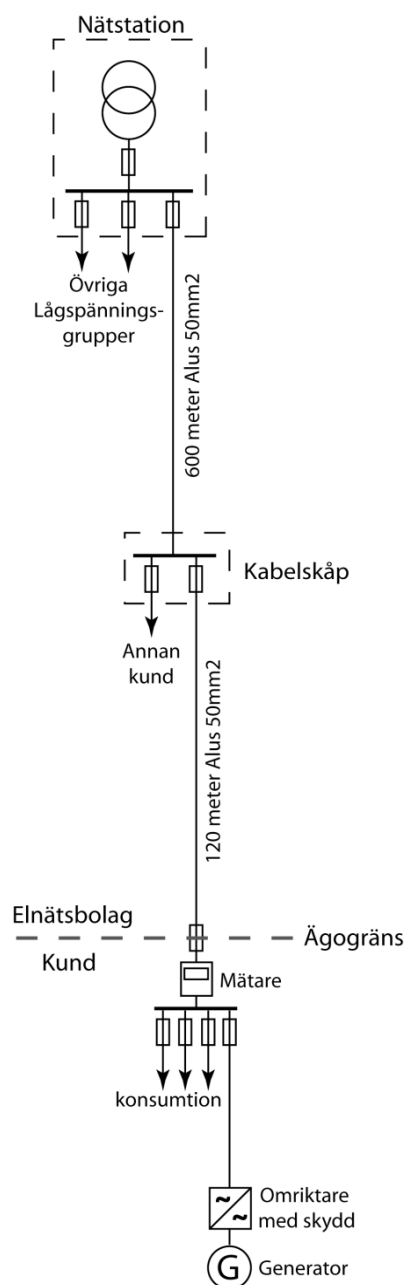
Tabell 1 Jordslutningsimpedans hos typiska distributionstransformatorer i koppling Dyn enligt SS-EN 424 14 06.

Transformatorns märkeffekt (kVA)	Impedans vid jordslutning (mΩ)
20	320
30	213
50	130
63	102
100	65
125	51
160	40
200	32
250	26
315	20
400	16
500	13
630	11
800	10
1000	8
1250	6,5
1600	6,25

I de redovisade beräkningsexemplen har förimpedansen för kablarna beräknats vid 20°C ledartemperatur. Då förimpedansen används för att beräkna felströmmar utifrån utlösningvillkoret används i regel en högre ledartemperatur i beräkningarna. I många tabeller och beräkningsprogram beräknas kablars förimpedans vid 55°C för att ge ett värsta fall vid beräkningar för utlösningvillkoret. Då spänningsvariationer orsakade av produktion inte beräknas vid ett jordfel är impedansen vid den lägre temperaturen mer korrekt. För en kabel med aluminiumledare är ledarresistansen ca 14 % högre vid 55°C jämfört med 20°C.

## Exempel 1: En enfasansluten produktionskälla

I ett landsbygdsnät önskar en villaägare installera 1,5 kW solceller. Denna kund har ett säkringsabonnemang om 16 A och förbrukar 15 000 kWh per år. Utmed den matande kabeln finns ett kabelskåp där andra kunder är anslutna.



### Matande nät:

Matande transformator:

Märkeffekt ( $S_n$ ): 100 kVA

Märkspänning sekundär ( $U_n$ ): 420 V

Kortslutningsimpedans ( $z_k$ ): 4 %

Lågspänningskabel: 600+120 m Alus, 4x50 mm<sup>2</sup>

Kabelresistans: 0,641 mΩ/m

### Produktion:

Effekt: 1,5 kW (enfasigt)

Effektfaktor:  $\cos(\varphi)=1$

### Beräkningar:

Anläggningen ansluts till ett nät som inte tillåter förenklad handläggning på grund av hög förimpedans. Beräkningar görs med hjälp av kurvor i bilaga 2.

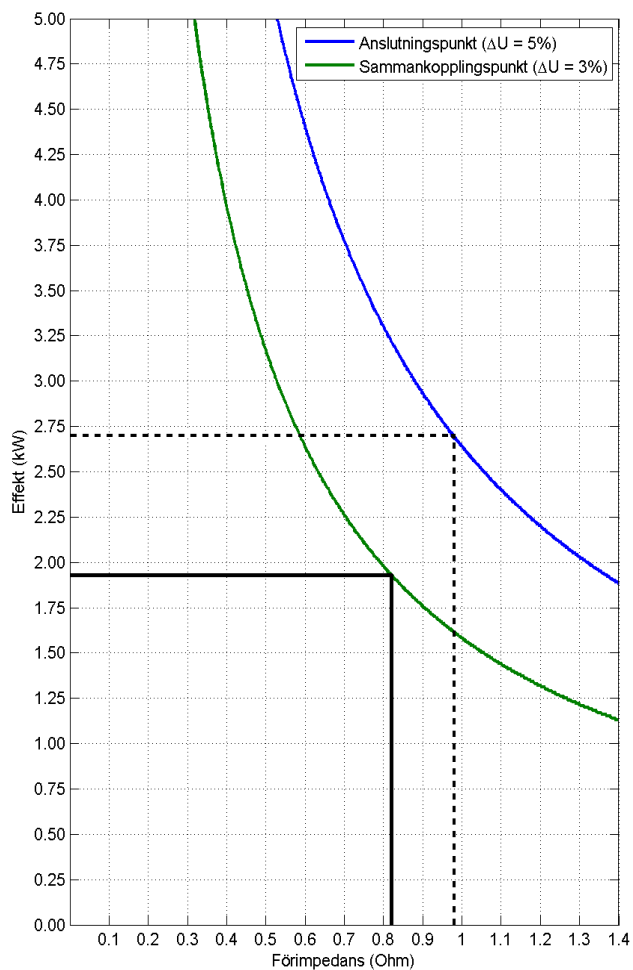
### Förimpedans

I elnätsföretagets nätinformationssystem framgår att förimpedansen i kundens anslutningspunkt är 980 mΩ och vid kabelskåpet 826 mΩ.

### Bedömning av spänningsvariationer baserat på kurvor

Baserat på kurvan för enfasigt ansluten produktion i bilaga 1 bedöms spänningsvariationerna i kundens anslutningspunkt och vid sammankopplingspunkten mot andra kunder vilket i detta fall utgörs av kabelskåpet. Detta är illustrerat i bilden på nästa sida.



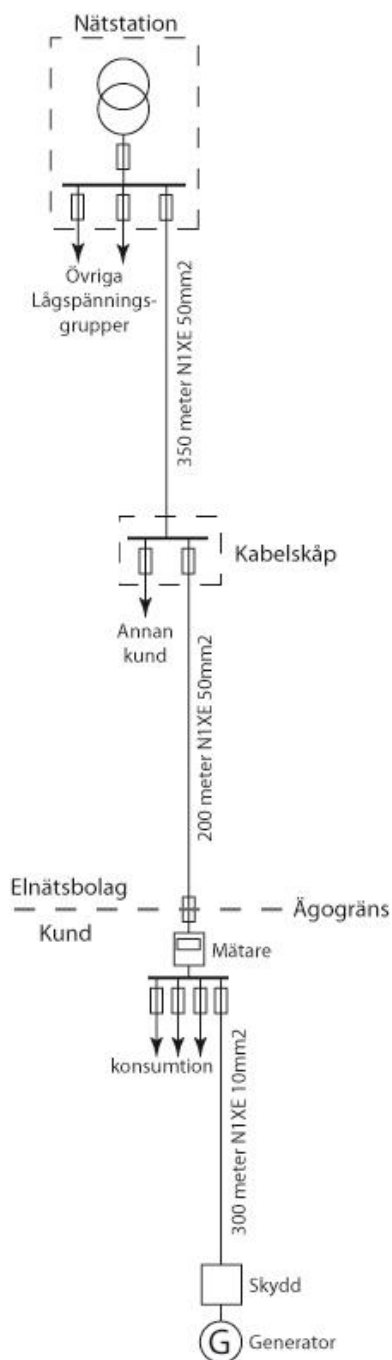


Som ses i bilden ovan är det ok att ansluta 1,5 kW produktion enfasigt hos den berörda kunden. Enligt kurvan kan kunden ansluta upp till ca 2 kW baserat på spänningsvariationerna vid sammankopplingspunkt (svart heldragen linje) och ca 2,5 kW baserat på spänningsvariationerna vid anslutningspunkt (svart streckad linje).

Då spänningsvariationerna i sammankopplings-punkten i detta fall är dimensionerande kan kunden tillåtas ansluta upp till 2 kW produktion utan nätförstärkning.

## Exempel 2: En trefasansluten produktionskälla

En villaägare har en kvarn med vattenrätt på sin mark som går att bygga om till vattenkraftverk. Befintligt abonnemang är på 20A och det planerade vattenkraftverket är på 11 kW och ansluts trefasigt. Mellan villan och vattenkraftverket är det 300 meter och kundens anlitade elinstallationsföretag har föreslagit att en kabel N1XE 10/10 förläggs mellan villan och vattenkraftverket.



### Matande nät:

Matande transformator:

Märkeffekt ( $S_n$ ): 100 kVA

Kortslutningsimpedans ( $z_k$ ): 4 %

Lågspänningskabel1: 350+200 m Alus,  
4x50 mm<sup>2</sup> (Al)

Kabelresistans 0,641 mΩ/m

Lågspänningskabel2: 300 m N1XE, 4x10  
mm<sup>2</sup> (Cu)

Kabelresistans 1,83 mΩ/m

Lågspänningskabel2 (alt.): 300 m N1XE, 50 mm<sup>2</sup>

Kabelresistans 0,641 mΩ/m

### Produktion:

Effekt: 11 kW (trefasigt)

Effektfaktor:  $\cos(\varphi)=1$

### Beräkningar:

Anläggningen är trefasig och ska klara kraven för spänningsvariationer baserat på beräkning med transformatorimpedans och kabelimpedans. Om man inte önskar använda den förenklade hanteringen i avsnitt 6.1 för maximal anslutningsbar effekt kan spänningsvariationen i nätet beräknas enligt nedan.

#### Beräkning av spänningsvariationer vid kabelskåp

Först beräknas spänningsvariationerna vid kabelskåpet vilket är den punkt där andra kunder möts. För att erforderlig nätstyrka ska erhållas får spänningsändringen i denna punkt inte överstiga 3%, då generatoren går från full produktion till helt avstängd. Först beräknas impedansen i den aktuella punkten enligt:

$$Z_{transformator} = z_k \frac{U_n^2}{S_n} = 4\% \frac{420^2}{100000} = 71m\Omega$$

Då den resistiva delen i kabelimpedansen dominerar så antas att  $Z=R$ .

$$Z_{kabel1} = 350m \cdot 0,641m\Omega / m = 224m\Omega$$

$$Z_{kS} = Z_{transformator} + Z_{kabel1} = 71m\Omega + 224m\Omega \\ = 295m\Omega$$

Spänningsändringen orsakad av produktionen vid kabelskåpet beräknas enligt avsnitt 7.1 där Q och X försummas.

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U^2} \cdot 100\% = \frac{0,295 \cdot 11000}{400^2} \cdot 100\% = 2,0\%$$

#### Beräkning av spänningsvariationer vid kund

Vid anslutningspunkt till kund ska spänningsvariationerna inte överstiga 5 %. För serviskabeln antas att  $Z=R$ .

$$Z_{kabel2} = 200m \cdot 0,641m\Omega / m = 128m\Omega$$

$$Z_m = Z_{transformator} + Z_{kabel1} + Z_{kabel2}$$

$$Z_m = 71m\Omega + 224m\Omega + 128m\Omega = 423m\Omega$$

Spänningsändringen orsakad av produktionen vid kunden beräknas med ekvation (10.2) där Q och X försummas.

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U^2} \cdot 100\% = \frac{0,423 \cdot 11000}{400^2} \cdot 100\% = 2,9\%$$

I detta fall är spänningsvariationerna och därmed nätstyrkan acceptabla i såväl anslutningspunkt som kabelskåp. Men då detta exempel innefattar ett inomgårdsnät med 300 meter kabel kan det vara av intresse att beräkna spänningsvariationerna vid generatorn.

### Beräkning av spänningsvariationer vid produktionsanläggning

Vid anslutningspunkten har följande impedans beräknats:

$$Z_m = Z_{transformator} + Z_{kabel1} + Z_{kabel2}$$

$$Z_m = 71m\Omega + 224m\Omega + 128m\Omega = 423m\Omega$$

Utöver detta tillkommer impedans i kundens egen kabel mellan anslutningspunkt och produktionsanläggning. I detta fall har kunden valt att använda N1XE 4x10 mm<sup>2</sup> (Cu) mellan anslutningspunkten och produktionsanläggningen:

$$Z_{kabel3} = 300m \cdot 1,83m\Omega/m = 549m\Omega$$

Vilket ger en den totala impedansen vid generatorn:

$$Z_G = Z_m + Z_{kabel3} = 423m\Omega + 549m\Omega = 972m\Omega$$

Spänningsändringen beräknas därefter:

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U^2} \cdot 100\% = \frac{0,972 \cdot 11000}{400^2} \cdot 100\% = 6,7\%$$

Viktigt här är att generator och kringutrustning klarar av en sådan kontinuerligt hög spänning. Om så inte är fallet kommer kunden att behöva välja en grövre kabelarea för sitt inomgårdsnät.

Beräkning av spänningsvariationer vid  
produktionsanläggning med alternativ kabel

Om kunden väljer att istället välja N1XE, 50 mm<sup>2</sup> (Al) mellan anslutningspunkten och produktionsanläggningen fås följande kabelimpedans:

$$Z_{kabel3} = 300 \text{ m} \cdot 0,641 \text{ m}\Omega/\text{m} = 192 \text{ m}\Omega$$

Vilket ger en den totala impedansen vid generatorn:

$$Z_G = Z_m + Z_{kabel3} = 423 \text{ m}\Omega + 192 \text{ m}\Omega = 615 \text{ m}\Omega$$

Spänningsändringen beräknas därefter:

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U^2} \cdot 100\% = \frac{0,615 \cdot 11000}{400^2} \cdot 100\% = 4,2\%$$

Detta är således inte något problem för produktionsanläggningens skydd. Dock så har många elnätsföretag som policy att ha 410 V som spänning vid nätstation. Detta är särskilt vanligt i svaga landsbygdsnät och anledningen till detta är att kunder långt ut i lågspänningsnätet inte ska få för låg spänning vid högläst vintertid. Om

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U^2} \cdot 100\% = \frac{0,615 \cdot 11000}{410^2} \cdot 100\% = 4,0\%$$

Vilket ger spänningen:

$$U_{generator} = U_{nätstation} \cdot (1 + \Delta U) = 410 \text{ V} \cdot (1 + 0,04) = 426,4 \text{ V}$$

Detta motsvarar 400 V + 6,5 % vilket fortfarande kan innebära problem för generator och kringutrustning om de är specificerade för exempelvis 400 +5%.

### Exempel 3: En trefasansluten produktionskälla

En villaägare planerar att installera 6 kW solceller trefasigt på sitt tak.



#### Matande nät:

Matande transformator:

Märkeffekt ( $S_n$ ): 800 kVA

Kortslutningsimpedans ( $z_k$ ): 6 %

Lågspänningskabel: 350 m N1XE, 50 mm<sup>2</sup>

Kabelresistans 0,641 mΩ/m

#### Produktion:

Effekt: 6 kW (trefasigt)

Effektfaktor:  $\cos(\varphi)=1$

#### Beräkningar:

Anläggningen är trefasigt och ska klara kraven för spänningsvariationer baserat på beräkning med transformatorimpedans och kabelimpedans. Enligt den förenklade hanteringen i avsnitt 6.1 för maximal anslutningsbar effekt ser man snabbt att det inte ska vara några problem. En kontrollräkning av spänningsändringen visar samma sak:

$$Z_{transformator} = z_k \frac{U_n^2}{S_n} = 6\% \frac{420^2}{800000} = 13m\Omega$$

$$Z_m = Z_{transformator} + Z_{kabel} = 13m\Omega + 350m \cdot 0,641m\Omega = 237m\Omega$$

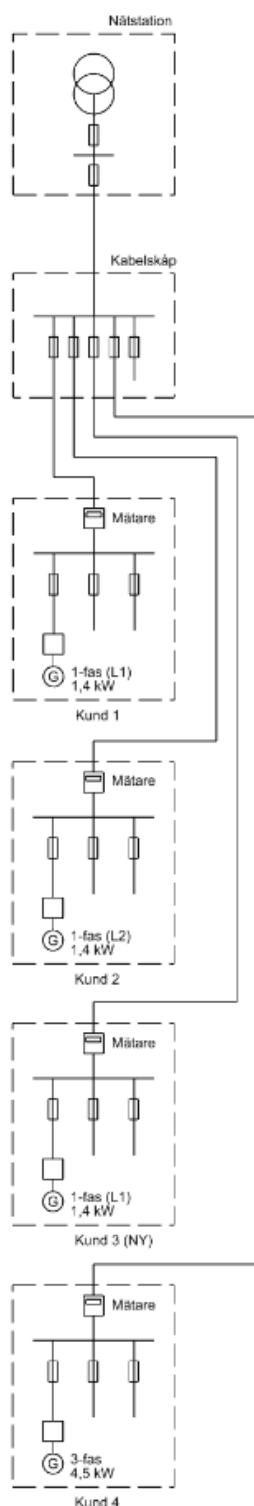
$$S_k = \frac{U^2}{Z_m} = \frac{400^2}{0,237} = 675kW$$

Tumregeln:  $\frac{675kW}{6kW} = 112$  Här finns det god marginal till faktorn 20...

$$\Delta U = \frac{R \cdot P}{U^2} \cdot 100\% = \frac{0,237 \cdot 6000}{400^2} \cdot 100\% = 0,9\%$$

**Exempel 4: Flera kunder med en/trefasansluten produktion**

I ett landsbygdsnät önskar kund 3 installera 1,4 kW solceller enfasigt. Kunden är ansluten till ett kabelskåp där även andra kunder har produktion ansluten.



### Beräkningar:

För att bedöma spänningsvariationerna i sammankopplingspunkten av flera produktionskällor, kan en förenklad beräkning göras med hjälp av bilaga 2, **1-fasig** produktion kurva 3%. Om det enbart är 3-fasiga produktionskällor används i stället tumregeln i avsnitt 6.1, **3-fasig** produktion kurva 3%, utan omräkning till 1-fas enligt nedan i detta exempel. Beräkningsmetoden ligger på "säkra sidan" det vill säga något mer effekt än vad kurvan visar är möjlig att ansluta. Finns flera sammankopplingspunkter kan varje kontrolleras var för sig. Sämsta fallet blir dimensionerande.

Sammankopplingspunkten mot andra kunder utgörs i detta exempel av kabelskåpet.

I elnätsföretagets nätinformationssystem hämtas uppgifter om förimpedans (jordslutningsimpedans).

### Kabelskåp:

Förimpedans: 0,50  $\Omega$

Max anslutningsbar effekt (kurva 1-fas, 3%) 3,2 kW

### Produktion kund 1:

Effekt: 1,4 kW (1-fas L1)

Förimpedans: 0,55  $\Omega$

### Produktion kund 2:

Effekt: 1,4 kW (1-fas L2)

Förimpedans: 0,6  $\Omega$

### Produktion kund 3 (Ny):

Effekt: 1,4 kW (1-fas L1)

Förimpedans: 0,65  $\Omega$

### Produktion kund 4:

Effekt: 4,5 kW (3-fas)

Förimpedans: 0,70  $\Omega$

3-faseffekten, kund 4, räknas om till 1-fas:

$$4,5/3 = 1,5 \text{ kW/fas}$$

Kund 3 önskar anslut 1,4 kW på L1-fasen. Max anslutningsbar effekt blir  $3,2 - 1,4 - 1,5 = 0,3$  kW. (Kabelskåp-kund1-kund4)

Ansluter kunden på L3-fasen i stället, blir max anslutningsbar effekt:  $3,2 - 1,5 = 1,7$  kW. (Kabelskåp-kund4)



## Bilaga 4 Anmälan anslutning av produktion till lågspänningsnätet – bifogas föransmälan

### ANMÄLAN ANSLUTNING AV PRODUKTIONSANLÄGGNING TYP A TILL LÅGSPÄNNINGSNÄTET – bifogas föransmälan

Föransmälan gäller produktionsanläggning Typ A som ska uppfylla alla krav enligt EU-förordningen 2016/631 "Om fastställande av nätföreskrifter med krav för nätanlutning av generatorer", samt den kompletterande svenska föreskriften EIFS 2018:2 "Om fastställande av generellt tillämpliga krav för nätanlutning av generatorer". Det är Anläggningens innehavares ansvar att tillse att produktionsanläggningen uppfyller dessa krav.

En produktionsanläggning av typen Typ A syftar på en anläggning med maximal kontinuerlig effekt i spännet 0,8 kW upp till 1500 kW. Elnätsföretaget har rätt att kräva att innehavaren av en produktionsanläggning Typ A genomför överensstämmelseprov och simuleringar, dels återkommande sådana enligt en plan eller efter ett generellt schema eller efter varje fel, förändring eller utbyte av någon utrustning som kan påverka produktionsanläggningens överensstämmelse med kraven i ovan nämnda förordning.

Anläggningsinnehavaren har rätt att åberopa utrustningscertifikat som utfärdats av behörigt certifieringsorgan för att visa överensstämmelse med kraven enligt nedan.

**Bifogade sidor med frågor måste fyllas i, och skrivs under av både ansvarig registrerat elinstallationsföretag samt anläggningens innehavare och inkluderas i anmälan.**

#### Kundens uppgifter

Namn	Telefonnummer
Adress	
E-post	
Anläggningsid	Mätarsäkring

#### Uppgifter om produktionsanläggningen

Kraftkälla	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/> Vind	<input type="checkbox"/> Vatten	<input type="checkbox"/> Biobränsle
	<input type="checkbox"/> Batteri	<input type="checkbox"/> Annat	<input type="checkbox"/> Kompletterat med batteri	
Fabrikat och typbeteckning (växelriktare)				
Märkeffekt (kVA/kW)			Effektfaktor (cos $\phi$ )	
Maximal kortslutningsström (A)			Storlek på ev. batteri (kWh)	
Anslutning *Trefasig anslutning rekommenderas alltid, enfasig anslutning bör ej överstiga 3 kW	<input type="checkbox"/> Enfas	<input type="checkbox"/> Trefas	Antal växelriktare (st)	
Anläggningen kan användas som reservkraft (ö-drift)	<input type="checkbox"/>			

Skyddsinställningar	Inställt värde		Rekommenderat värde	
	Tid	Nivå	Tid	Nivå
Överspänning (steg 2)			60 s	253,0 V
Överspänning (steg 1)			0,2 s	264,5 V
Underspänning			0,2 s	195,5 V
Överfrekvens			0,5 s	>51,5 Hz
Underfrekvens			0,5 s	<47,5 Hz
Skydd mot oönskad ö-drift			0,5 s	2,5 Hz/s <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Frekvensderivata

Elkvalitetsuppgifter	Värde	Rek.-Gräns	
Flimmervärden <sup>2</sup>	Pst	0,35	<input type="checkbox"/> ≤ 16 A <input type="checkbox"/> Beräknat enligt SS-EN 61000-3-3
	Plt	0,25	<input type="checkbox"/> 16 – 75 A <input type="checkbox"/> Beräknat enligt SS-EN 61000-3-11 <input type="checkbox"/> > 75 A <input type="checkbox"/> Beräknat enligt SS-EN 61400-21
Övertoner max 16 A	<input type="checkbox"/> Uppfyller SS-EN 61000-3-2		
Övertoner 16-75 A	<input type="checkbox"/> Uppfyller SS-EN 61000-3-12		
Övertoner > 75 A	<input type="checkbox"/> Mellantoner och individuella strömövertoner ska redovisas separat		

<sup>2</sup> Behöver bara fyllas i vid vindkraft eller om uppgifterna efterfrågas

- Produktionsanläggningen är utförd som fast anslutning på egen gruppledning
- Elkopplare för produktionsanläggningen är alltid åtkomlig för elnätsföretaget och placerad:
  - Inomhus i källare  Inomhus i elcentral  Utomhus i fasadskåp
- Anläggningen är utrustad med ett logikgränssnitt som ger möjlighet till fjärrstyrning

### Frekvensvarsinställningar

Kraven för konfiguration av frekvensvarsinställningar nedan är tagna från i Energimarknadsinspektionens föreskrift EIFS 2018:2, EU-kommissionens förordning 2016/631 (RFG) samt gällande svensk elstandard SS-EN 50549-1. Samtliga krav är obligatoriska att uppfylla om inget annat anges.

<input type="checkbox"/> Anläggningen uppfyller nedanstående krav	Hänvisning
Anläggningen uppfyller krav på att förbli ansluten inom följande frekvensintervall: <ul style="list-style-type: none"><li>• Minst 30 minuter inom frekvensområde 47,5 – 49,0 Hz</li><li>• Obegränsat inom frekvensområde 49,0 – 51,0 Hz</li><li>• Minst 30 minuter inom frekvensområde 51,0 – 51,5 Hz</li></ul>	EIFS 2018:2 3 kap 1§
Anläggningen uppfyller krav på att förbli ansluten till nätet och fungera vid frekvensändringshastigheter upp till 2,0 Hz/s	EIFS 2018:2 3 kap §2
Anläggningen uppfyller krav på att reducera sin aktiva uteffekt när frekvensen överstiger 50,5 Hz	EIFS 2018:2 3 kap §3
Statikfaktorn <sup>2</sup> har inställningsvärdet 8%	EIFS 2018:2 3 kap §4
Utmatad aktiv effekt från anläggningen reduceras med maximalt 3,0 procent per Hz vid frekvenser lägre än 49,0 Hz	EIFS 2018:2 3 kap §7
Automatisk återanslutning av anläggningen sker endast inom frekvensintervallet 47,5 – 50,1 Hz: <ul style="list-style-type: none"><li>• Anslutning sker först då nätfrekvensen har befunnit sig inom detta intervall sammanhängande i minst 3 minuter</li></ul>	EIFS 2018:2 3 kap §8
Anläggningen uppfyller krav på ökning av utmatad aktiv effekt vid automatisk anslutning enligt: <ul style="list-style-type: none"><li>• &lt; 49,9 Hz – Ökningstakt av utmatad aktiv effekt ej begränsad</li><li>• 49,9–50,1 Hz – Ökningstakt av utmatad aktiv effekt är maximalt 10 procent av nominell uteffekt per minut</li><li>• &gt; 50,1 Hz – Ökning av utmatad aktiv effekt sker ej</li></ul>	EIFS 2018:2 3 kap §9
Ange lägsta aktiva uteffekt (i kW) som anläggningen kan regleras ner till vid överfrekvens:      kW	EIFS 2018:2 3 kap §5

Härmed intygas att ovanstående uppgifter är korrekta

Namnsteckning

Namnförtydligande

Registrerat elinstallationsföretag

Telefonnummer

Anläggningens innehavare

Namnsteckning

Namnförtydligande

Telefonnummer

<sup>1</sup> Värdet på frekvensändringshastigheten ska vara uppmätt i anslutningspunkten och beräknas över en tidsperiod på 0,5 s.

<sup>2</sup> Statikfaktor är kvoten mellan en frekvensändring och ändringen av uteffekt uttryckt i procent. Frekvensändringen uttrycks som en kvot mellan nuvarande frekvens och nominell frekvens. Uteffekten uttrycks som en kvot mellan nominell effekt och utmatad effekt vid överfrekvens på nätet. Vid reglering av uteffekt på grund av överfrekvens så beräknas statikfaktorn utifrån anläggningens installerade effekt. Enligt paragraf 6 § i EIFS 2018:2.

