Projekt Utvärdering av solelproduktion från Sveriges första MW-solcellspark

Analys av elkvaliteten i Sveriges första MW-solcellspark

Patrik Bagge

Oktober 2015

MÄLARDALENS HÖGSKOLA
ESKILSTUNA VÄSTERÅS

Kraftpojkarna
-energi från sol vind och vatten

MälarEnergi

Energimyndigheten

Sammanfattning

I februari 2014 invigdes Sveriges dittills första solcellspark med en installerad effekt över 1 MW mellan Västerås och Enköping.
I denna rapport analyseras vilken påverkan solcellsparken har på elkvaliteten i elnätet främst på 10 kV.

Utifrån de resultat som analysen gett så kan man konstatera att solcellsparken uppfyller kraven i gällande föreskrift EIFS 2013:1. Däremot är den påverkan som solcellsparken har på elnätet inte försumbar. Bland annat så är de långsamma spänningsvariationerna som solcellsparken orsakar tidvis större än energibranschens rekommendationer. Främsta anledningen till detta är att solcellsparken är ansluten i ett förhållandevis svagt nät.

FÖRORD

Denna rapport ingår i projektet *Utvärdering av solelproduktion från Sveriges första MW-solcellspark*. Projektet startade 2013-07-01 och slutfördes 2015-09-30. Deltagare i projektet var Kraftpojkarna (anläggare och innehavare av solcellsparken), Mälarenergi Elnät AB (elnätsägare), Mälarenergi AB (köpare av solenergin) och Mälardalens Högskola (projektledning). Energimyndigheten har finansierat arbetet vid Mälardalens Högskola.

Projektets syfte är att öka förståelsen för och ge möjlighet att påverka hur framtida solcellsinstallationer bör utföras i Sverige på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt och därmed bli en ledsagare för ökad solelproduktion i Sverige.

Bland frågeställningar att besvara i projektet fanns: Påverkar stora solcellsanläggningar i Sverige elkvaliteten i mellanspänningsnätet? Detta behandlas i denna rapport.

Västerås, oktoberw 2015

Patrik Bagge
Driftingenjör
Mälarenergi Elnät AB

Innehållsförteckning

1 Inledning **4**
2 Definitioner **4**
3 Nätstruktur **4**
4 Mätning **5**
5 Långsamma spänningsändringar **5**
6 Snabba spänningsändringar **8**
7 Övertoner **9**
7.1 Spänningsövertoner 9
7.2 Strömövertoner 10
7.3 Mellantoner 11
8 Övriga storheter **12**
8.1 Spänningsosymmetri 12
8.2 Effekt 13
8.3 Ramphastighet 14
9 Slutsatser **15**
10 Referenser **16**

1 Inledning

I februari 2014 invigdes Sveriges dittills första solcellspark med en installerad effekt över 1 MW mellan Västerås och Enköping.
I denna rapport analyseras vilken påverkan solcellsparken har på elkvaliteten i elnätet främst på 10 kV. Som utgångspunkt för analysen har gällande föreskrift EIFS 2013:1 som definierar kraven på vad god elkvalitet är samt Svensk Energis *Anslutning av mindre produktionsanläggningar till elnätet – AMP* använts. Det bör noteras att AMP främst behandlar vindkraft men där det är tillämpbart så har rekommendationerna i denna rapport använts för solcellsparken.

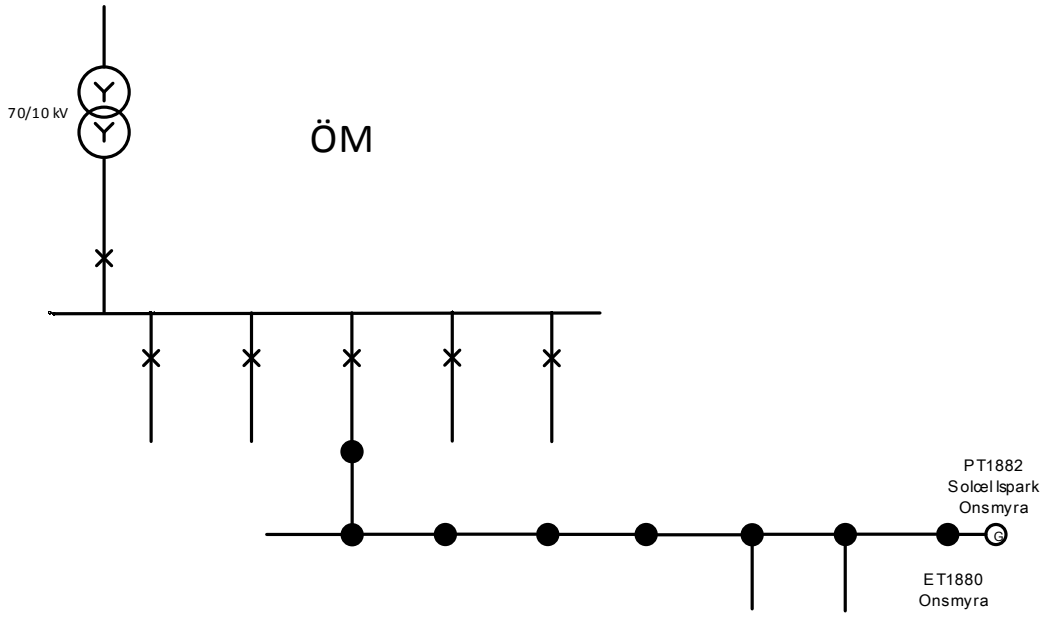
För läsare av denna rapport förutsätts grundläggande kännedom om eldistribution och elkvalitet varför Energiforsks *Elkvalitetsguide – För elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet* är lämplig läsning för ökad förståelse.

2 Definitioner

AMP – Svensk Energis *Anslutning av mindre produktionsanläggningar till elnätet – AMP*
MEE – Mälarenergi Elnät AB
TDD – Total Demand Distortion, total övertonshalt relaterat till en definierad referensström.
THD_U – Total Harhomic Distortion, i spänning.
ÖM – Östra Mottagningsstationen

3 Nätstruktur

Solcellsparken matas via ett 10 kV-nät från Mälarenergi Elnäts Östra Mottagningsstation. ÖM består av två stycken 70/10 kV-transformatorer som vid normal drift matar varsin 10 kV-skena, se Figur 1. Utgående linje som matar solcellsparken består av ett kablifierat landsbygdsnät med inslag av sträckor med friledning. Nätet är normalt radiellt matat. Ledningarna från utgående fack i ÖM till solcellsparkens anslutningspunkt består av 5,8 km AL95-kabel, 1,0 km AL50-kabel, 1,8 km FEAL 62. Kortslutningseffekten i anslutningspunkten är 29,5 MVA vid normal drift.
Solcellsparken är ansluten till MEE:s nät i den kundägda nätstationen PT1882. PT1882 står alldeles intill MEE:s egen nätstation ET1880 och kabelsträckan däremellan är 10 m. Mellan PT1882 och solcellsparkens transformator är kabelsträckan 900 meter. I och med att PT1882 står så nära ET1880 kan det anses att PT1882 även är sammankopplingspunkten mot andra kunder.



Figur 1. Schematisk bild över nätstrukturen.

4 Mätning

I PT1882 finns förutom debiteringsmätning även en fast installerad elkvalitetsmätare vilken uppfyller de krav som ställs i EIFS 2013:1.
Elkvalitetsmätaren har för de flesta storheter varit inställd för att mäta i tiominutersintervall. Detta innebär att för varje tidsperiod om 10 minuter lagras ett medelvärde för bland annat följande storheter:

- Spänning
- Ström
- Spännings- och strömövertoner
- Spänningsosymmetri
- Flimmer
- Effekt

För spänning och ström lagras även ett max- och minvärde för varje tiominutersintervall.

Mätningen har pågått sen 2014-04-24 och pågår fortfarande i skrivande stund. Den period som främst har analyserats är februari 2015 till och med juni 2015 eftersom man var tvungen att justera spänningsregleringen i ÖM 2015-01-20.
Under perioden 2015-06-14 och 2015-06-26 ställdes spänning och ström in för att lagra värden var sjätte sekund samt effekt varje minut för att kunna avgöra i vilken omfattning solcellsparken orsakar snabba spänningsändringar samt för att kunna få en uppfattning om ramphastigheten.

5 Långsamma spänningsändringar

I EIFS 2013:1 ställs krav på att under en period på en vecka ska förekommande tiominutersvärdena för spänningens effektivvärde vara mellan 90 % till 110 % av referensspänningen.

För att man i samtliga leveranspunkter i nätet ska kunna uppfylla dessa krav såväl på högspänning som på lågspänning så måste det finnas marginaler och varje enskild kund får därför ha en begränsad påverkan på övriga leveranspunkter.
I AMP anger man att i sammankopplingspunkten med andra kunder bör variationen i spänningen på grund av produktionens variationer uppgå till maximalt 2,5 % inklusive dödband i matande transformators spänningsreglering. Med dödband avses hur mycket spänningen får avvika från referensspänningen innan spänningen ska regleras.
Som överslag kan spänningshöjningen i procent över en radial ledning beräknas som

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

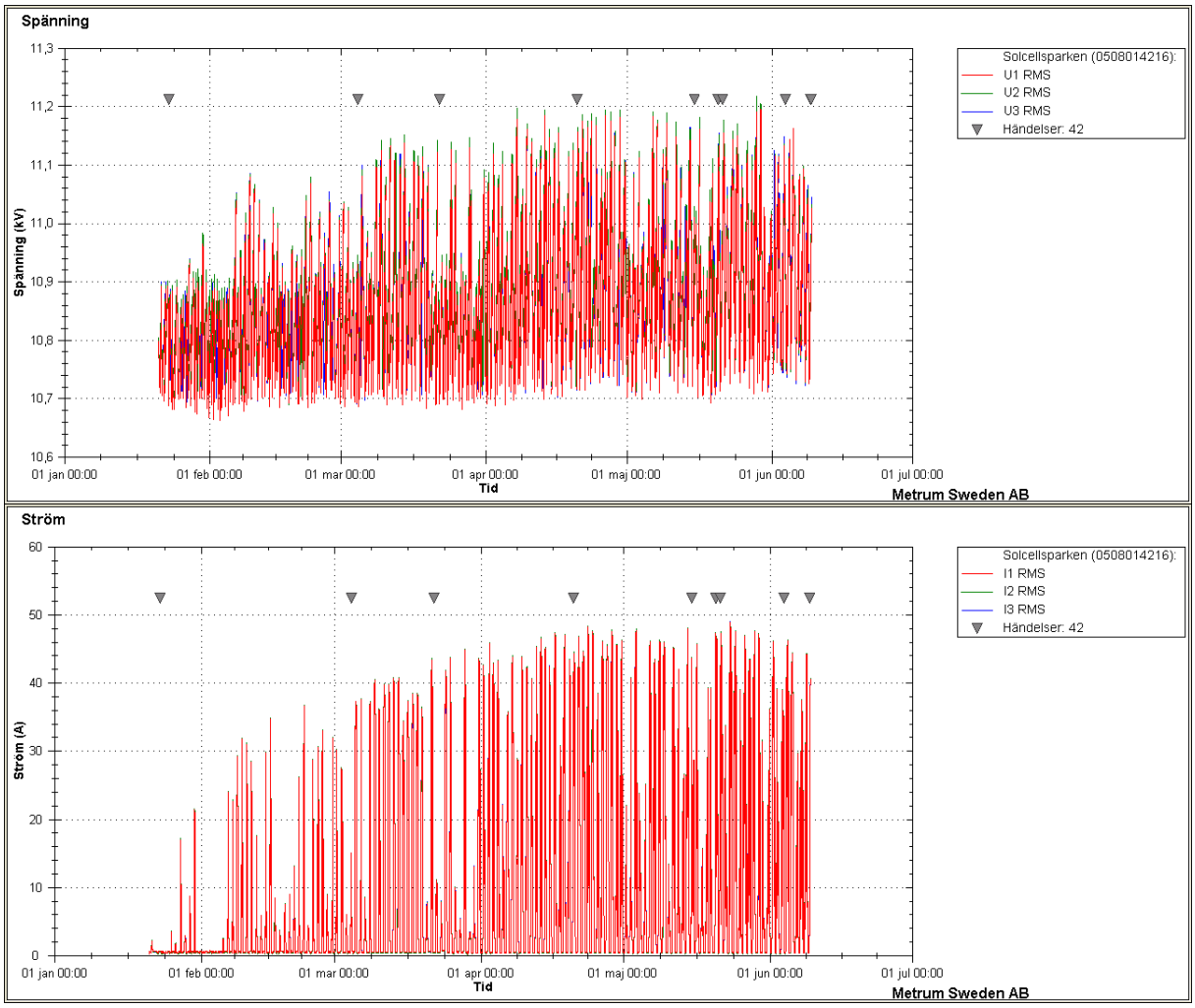
UΔ är skillnaden mellan spänningen i ändarna av ledningen
U_1 är spänningen i mottagande ledningsändan
R är ledningens resistans
X är ledningens reaktans
P är producerad aktiv effekt
Q är reaktiv effekt

Om man antar att den aktiva effekten är betydligt större än den reaktiva och därmed försummar den reaktiva så ger det en spänningshöjning enligt nedan beräkning. Beräkningen utgår från märkeffekt på 1 MW, referensspänning på 10,89 kV i ÖM och en resistans i ledningarna på 3,46 Ω vilket kan beräknas utifrån kabeldata.

$$\frac{U\Delta}{U_1} \cong \frac{3{,}46 \times 1{,}0}{10{,}89^2} \times 100 = 2{,}92\% \; eller \; 318\,V$$

Beräkningen förutsätter att förbrukningen på utgående linje som matar solcellsparken är försumbar och att all effekt transporteras in till ÖM.
Dödbandet i spänningsreglering i transformatorn i ÖM är på 1,33 % vilket ger en total spänningsvariation på 4,25 %. Detta är högre än rekommendationerna på 2,5 % i AMP.
Det skulle med ovan beräkningsmetod krävas att hela sträckan består av 240 mm² aluminiumkabel för att klara maximalt 2,5 % i spänningsvariation på grund av solcellsparkens produktion.

Om man tittar på det omvända fallet, det vill säga ingen produktion från solcellsparken och högsta förväntade förbrukning på linjen som matar solcellsparken så får man enligt dimensioneringsberäkningar i MEE:s nätinformationsystem ett spänningsfall på 100 V från ÖM fram till PT1882.
Detta skulle innebära att spänningen skulle kunna variera mellan 10645 V - 11353 V i anslutningspunkten PT1882, det vill säga en spänningsvariation på 708 V eller 6,5 %. Däremot får det övre extremfallet anses vara osannolikt då det i regel alltid finns förbrukning på linjen som motverkar spänningshöjningen vilket data från MEE:s fjärrkontrollsystem visar på. Figur 2 visar uppmätta tiominutersvärden för ström och spänning i solcellsparkens anslutningspunkt.



Figur 2. Spänningens och strömmens tiominuters effektivvärden i PT1882 under perioden 2015-01-21 – 2015-06-08.

Om man tittar på mätdatan från solcellsparken ser man att under dagar med låg produktion, främst under vintermånaderna så är variationerna i spänning lägre än under dagar med hög produktion.

Tabell 1 nedan bekräftar de antaganden som gjorts vid tidigare beräkning, det vill säga lägsta uppmätta tiominuters effektivvärde för spänningen överensstämmer med det som dimensioneringsberäkningen gav om man inkluderar dödband för spänningsreglering. Däremot så skiljer sig högsta uppmätta tiominutersvärde för spänningen från det som beräknades med c:a 140 V inklusive dödband. Detta tyder på att befintlig förbrukning längs med linjen motverkar spänningshöjningen.
Även att det högsta värdet för effekten inte når upp till 1 MW i anslutningspunkten medför att spänningshöjningen inte blir lika hög som tidigare beräkning ger. Högsta uppmätta tiominutersvärde för effekten var 932,9 kW och 71,1 kVAr. Den reaktiva effekten genereras av solcellsparken och matas in i nätet.
Tabell 1 bekräftar även att kraven för långsamma spänningsändringar enligt EIFS 2013:1 är uppfyllda.

Tabell 1 Maximum och minimum för spänningens tiominuters effektivvärden.

fas	Min (V)	Min (%)	Max (V)	Max (%)	ΔU (V)	ΔU (%)
L1	10662	-2,1	11196	2,8	534	4,9
L2	10683	-1,9	11217	3,0	534	4,9
L3	10669	-2,0	11210	2,9	541	5,0

Det bör noteras att det är relativt få tiominutersvärden som når 2,5 % över referensspänningen. Under exempelvis april och maj 2015 var det totalt 65 tiominutersvärden eller motsvarande 0,74 % av tiden som spänningen överskred 2,5 % av referensspänningen.

Om man räknar om de lägsta och högsta uppmätta tiominutersvärdena för spänningen till nedsidan på distributionstransformatorn i ET1880 får man som lägst 229 V när man räknar med att omsättningskopplaren står i läge 2 av 5. Utgår man från detta värde och gör en dimensioneringsberäkning i MEE:s nätinformationssystem så får man i den minst gynnsamma kundanslutningspunkten i lågspänningsnätet som matas från ET1880 en spänning på 223V inklusive spänningsfall i distributionstransformatorn.
Som högst får man en spänning på 241 V på nedsidan av distributionstransformatorn. Om man antar att i värsta fallet så är lågspänningsnätet olastat kommer spänningen i den minst gynnsamma kundanslutningspunkten även där vara 241 V. Detta skulle därför ge en långsam spänningsvariation mellan 223-241V eller 230V -3,0 % /+4,8 % vilket är godtagbart enligt EIFS 2013:1 som tillåter ±10%.

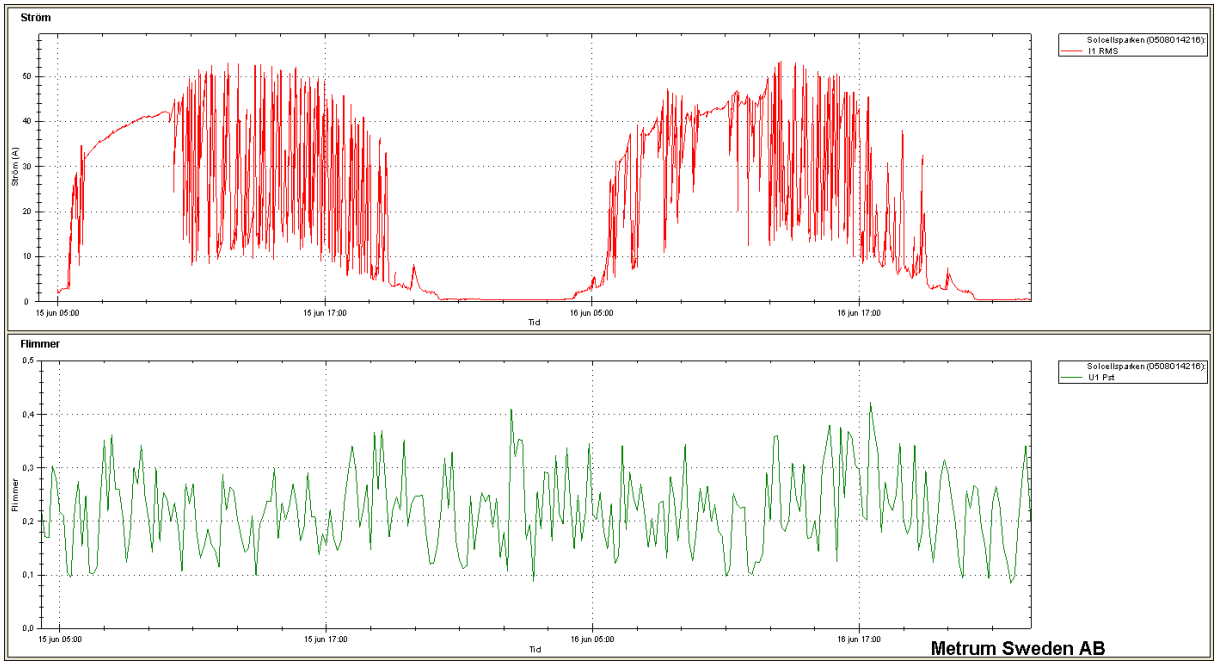
Gör man motsvarande beräkning med omsättningskopplaren i läge 3 av 5 får man i den minst gynnsamma kundanslutningspunkten en långsam spänningsvariation mellan 229-247 V eller 230V -0,4 % /+7,4 %. Spänningen ligger inom gränsvärden för EIFS 2013:1 men det övre extremfallet kan anses ligga något högt varför läge 2 av 5 är att föredra.

6 Snabba spänningsändringar

Snabba spänningsändringar definieras enligt EIFS 2013:1 som en förändring av spänningens effektivvärde som är snabbare än 0,5 % per sekund och där spänningens effektivvärde före och efter ett spänningsändringsförlopp är inom 90 % och 110 % av referensspänningen. Skillnaden mellan spänningen före och efter ett spänningsförlopp benämns $\Delta U_{stationär}$ och den maximala skillnaden under spänningsändringsförlopp benämns ΔU_{max}. Enligt EIFS 2013:1 får summan av snabba spänningsändringar och kortvariga spänningssänkningar inte överstiga 24 stycken för $\Delta U_{stationär} \geq 3\%$ respektive $\Delta U_{max} \geq 5\%$ under ett dygn.

Det förekommer enstaka snabba spänningsändringar i anslutningspunkten per vecka men de bedöms komma utifrån och kan betraktas som ett försumbart antal i förhållande till gränsvärdet. Mellan 2015-06-14 och 2015-06-26 ställdes lagringsintervallen i mätningen om för att mäta effektiv-, max- och minvärden var 6:e sekund för spänning och ström. För den mätperioden beräknades den största förändringen i spänning i samband med en förändring i produktionen till 15,5 V/s. Detta motsvarar 0,14 %/s av spänningens effektivvärde som vid tidpunkten var 11100 V. Detta tyder på att solcellsparken inte skapar några snabba spänningsändringar som är över gränsvärdena. De spänningsvariationer som solcellsparken orsakar är att betrakta som långsamma.

EIFS 2013:1 ställer inga krav på flimmer men AMP hänvisar till rekommendationer i IEC 61000-3-7 att flimmeremissionen från en enstaka störkälla inte bör överstiga P_{st} = 0,35 och P_{lt} = 0,25 i sammankopplingspunkten.



Figur 3. Tiominuters effektivvärde för ström och P_{st} under perioden 2015-06-15-2015-06-16.

Utifrån mätresultatet är det svårt att se något samband mellan variationerna i produktion och flimmer varför påverkan från solcellsparken bedöms ligga inom rekommendationerna i IEC 61000-3-7.

7 Övertoner

7.1 Spänningsövertoner

Enligt EIFS 2013:1 gäller att THD_U och spänningsövertonernas tiominutersvärden under en period motsvarande en vecka maximalt får uppgå till värdena enligt Tabell 2. Av Tabell 2 så framgår även det högsta uppmätta tiominutersvärdet för THD_U och respektive överton.

Tabell 2. Uppmätta maximala tiominutersvärde för 2:a till 25:e spänningsövertonerna samt THD_U.

Överton (n)	Relativ övertonshalt (%)	
	Gräns enligt EIFS 2013:1	Uppmätt max
2	2	0,17
3	5	0,25
4	1	0,23
5	6	1,78
6	0,5	0,21
7	5	1,16
8	0,5	0,06
9	1,5	0,12
10	0,5	0,05
11	3,5	0,81
12	0,5	0,07
13	3	0,82
14	0,5	0,08
15	0,5	0,07
16	0,5	0,13
17	2	0,19
18	0,5	0,08
19	1,5	0,24
20	0,5	0,14
21	0,5	0,04
22	0,5	0,13
23	1,5	0,26
24	0,5	0,03
25	1,5	0,19
THD_U.	8	1,99

Av de uppmätta spänningsövertonerna i anslutningspunkten så är det inga som når upp över 50 % av gränsvärdet. Den överton som är störst i förhållande till gränsvärdet är den 6:e som når upp till 42,4 %.

7.2 Strömövertoner

Trots att spänningsövertonerna i anslutningspunkten är väl inom gränserna så säger det nödvändigtvis inget om den påverkan solcellsparken har på övertonshalten i andra punkter i nätet. Det är svårt att hitta lämpliga rekommendationer för vilken påverkan varje enskild kundanslutning får ha. Det måste även här finnas marginaler för att man ska kunna uppnå kraven i samtliga kundanslutningspunkter. För att få ett mått på vilken påverkan en enskild störkälla kan ge så kan man analysera strömövertonerna.

I IEEE 519-2014 ges rekommendationer för hur stora strömövertoner en anläggning får orsaka i sammankopplingspunkten till andra kunder. Standarden är inte gällande i Sverige men ger ändå ett rimligt mått på hur stora strömövertonerna får vara. Standarden säger bland annat att för varje vecka ska 95 % respektive 99 % av alla uppmätta tiominutersvärden var under de värden som framgår av Tabell 3.

Strömövertonerna och TDD beräknas i procent av anläggningens referensström vilken i sin tur beräknas som medelvärdet för den högsta strömmen per månad under den senaste 12-månaders perioden. I det här fallet blir det 36,8 A.

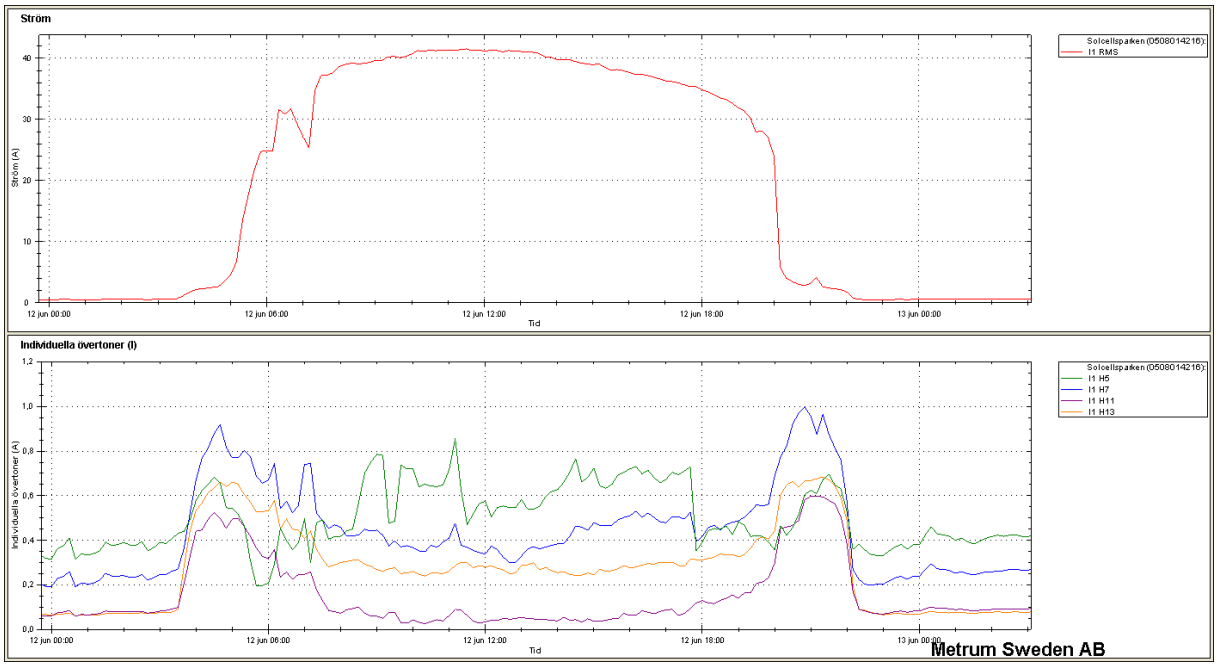
I Tabell 3 redovisas även det högsta beräknade 95 %- och 99 %-värdena under en enskild vecka.

Tabell 3. Beräknade 95 %- och 99 %-värden för 2:a till 25:e strömövertonerna samt TDD.

Överton (n)	Relativ övertonshalt (%)			
	Högsta tillåtna 95 %-värde per vecka	Högsta uppmätta 95 %-värde under en vecka	Högsta tillåtna 99 %-värde per vecka	Högsta uppmätta 99 %-värde under en vecka
2	1	0,26	1,5	0,37
3	4	0,57	6,0	0,63
4	1	0,20	1,5	0,25
5	4	2,15	6,0	2,67
6	1	0,17	1,5	0,20
7	4	2,89	6,0	3,04
8	1	0,13	1,5	0,16
9	4	0,36	6,0	0,47
10	1	0,14	1,5	0,17
11	2	2,16	3,0	2,45
12	0,5	0,11	0,8	0,19
13	2	1,94	3,0	2,22
14	0,5	0,20	0,8	0,24
15	2	0,11	3,0	0,13
16	0,5	0,24	0,8	0,29
17	1,5	0,37	2,3	0,41
18	0,4	0,05	0,6	0,14
19	1,5	0,38	2,3	0,40
20	0,4	0,17	0,6	0,19
21	1,5	0,04	2,3	0,05
22	0,4	0,09	0,6	0,19
23	0,6	0,20	0,9	0,24
24	0,2	0,02	0,3	0,03
25	0,6	0,14	0,9	0,18
TDD	5	3,79	7,5	4,05

Av Tabell 3 framgår att för 11:e strömövertonen så överskrider 95 %-värdet gränserna. Det rör sig dock bara om två veckor under perioden 2014-04-29-2015-06-07 som gränsvärdet överskrids men fler veckor ligger i närheten. Jämför man den 11:e strömövertonen med 11:e spänningsövertonen så är spänningsövertonen förhållandevis liten jämfört mot gränsvärdet i EIFS 2013:1. Därför antas solcellsparkens påverkan på spänningsövertonerna i anslutningspunkten vara begränsade. Vilken påverkan den produktion av strömövertoner som solcellsparken har på andra punkter i nätet är oklart men bör kontrolleras.

Övertonerna genereras främst när produktionen är låg vilket framgår av Figur 4. Orsaken till detta är oklar men det bör leverantören av växelriktarna kunna svara på.



Figur 4. Tiominuters effektivvärde för ström samt 5:e, 7:e, 11:e och 13 strömövertonerna den 12 juni 2015.

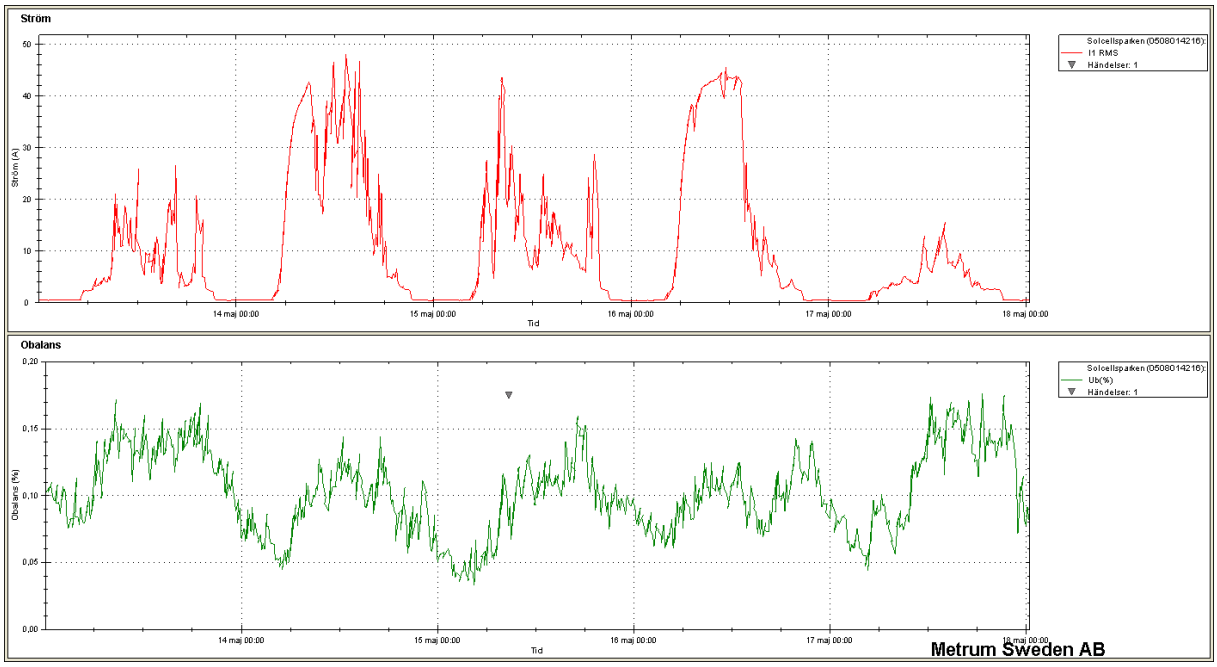
7.3 Mellantoner

EIFS 2013:1 har inga bestämmelser vad det gäller mellantoner i spänningen och det är svårt att hitta några allmänna rekommendationer i gällande standarder. I stamnätet har Svenska Kraftnät i sina tekniska riktlinjer TR06-1 satt en gräns på att 95 % av alla tiominutersvärden under en veckas tid ska vara mindre eller lika med 0,5 % för varje enskild mellanton. Högsta uppmätta tiominutersvärde värde för solcellsparken är på 0,39 % för 11:e mellantonen.

8 Övriga storheter

8.1 Spänningsosymmetri

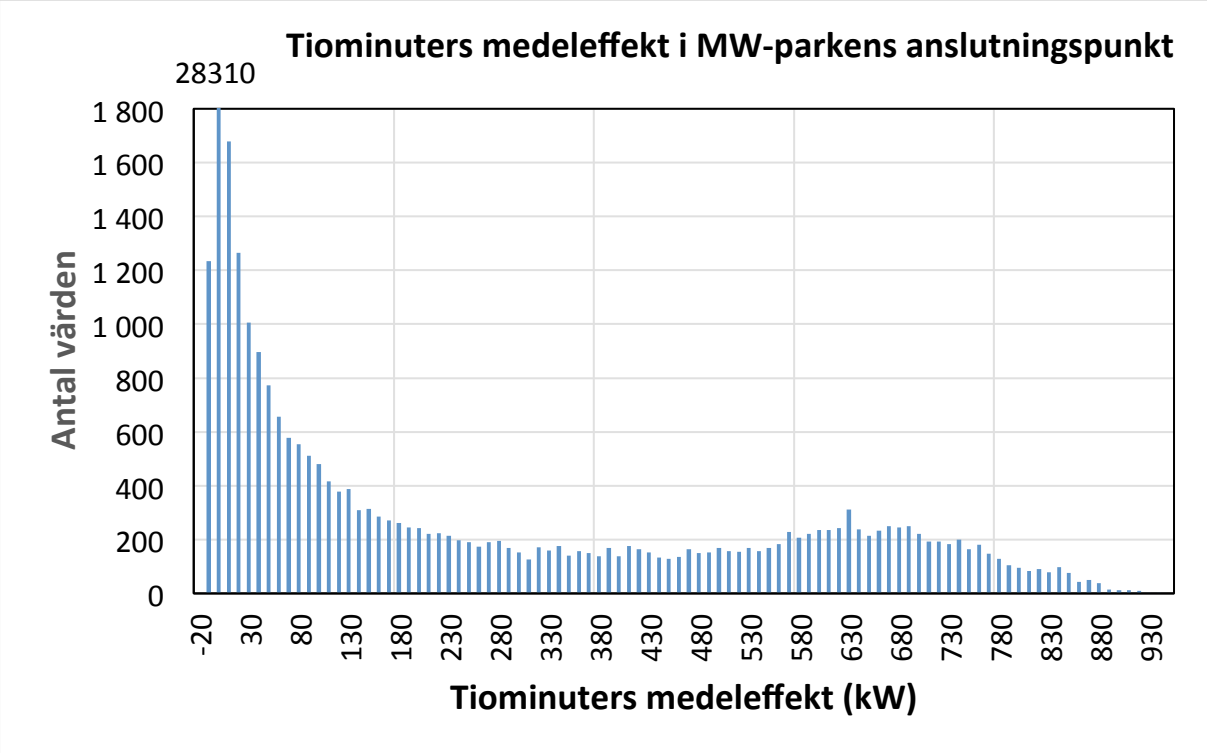
Enligt EIFS 2013:1 ska tiominutersvärdet för spänningsosymmetrin under en period motsvarande en vecka vara mindre eller lika med 2 %. Högsta uppmätta värde är 0,28 %. Det är svårt att avläsa vilken påverkan solcellsparken har men den får anses vara liten, se Figur 5.



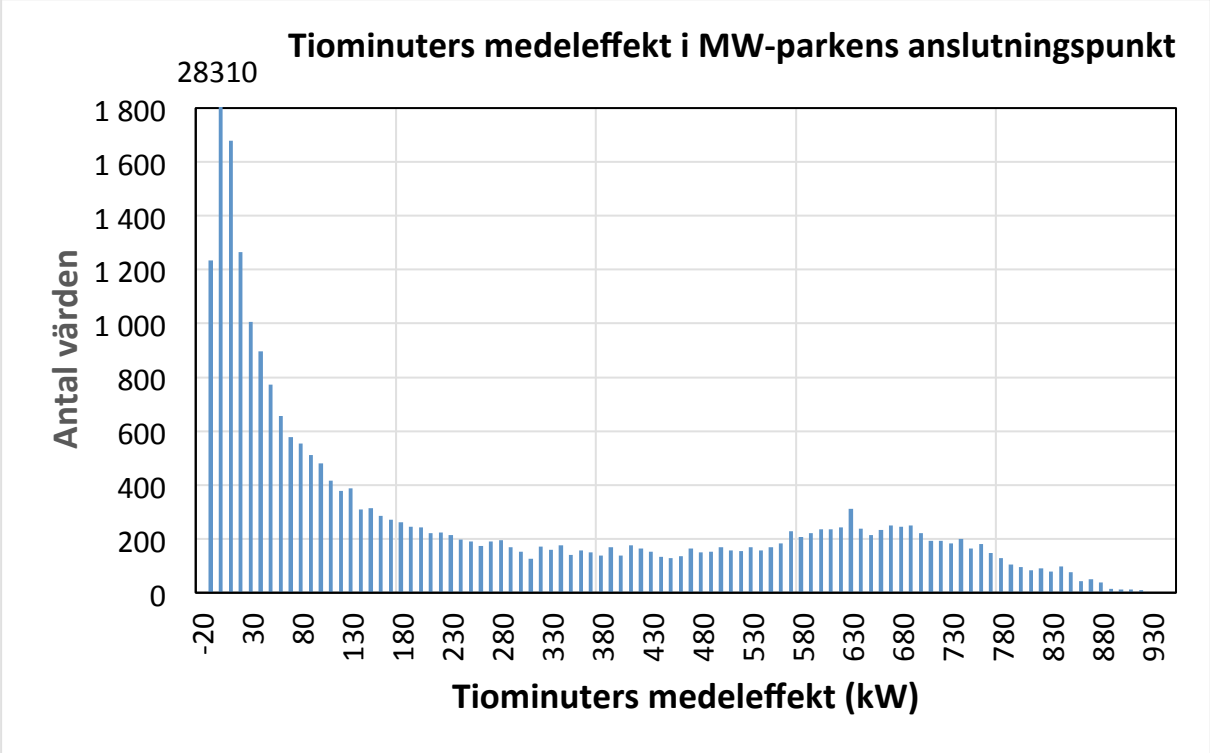
Figur 5. Tiominuters effektivvärde för ström och spänningsosymmetri 2015-05-13-2015-05-17.

8.2 Effekt

Högsta uppmätta tiominutersvärden för aktiv effekt är 932,9 kW. Vid samma tillfälle var den reaktiva effekten 71,1 kVAr. Högsta uppmätta tiominutersvärden för reaktiv effekt är 84,5 kVAr. Vid samma tillfälle var den aktiva effekten 919,3 kVAr. Solcellsparken genererar reaktiv effekt som matas in på nätet. Normalt är det en förbrukning av reaktiv effekt i nätet som matas från samma transformator som solcellsparken på c:a 200-400 kVAr under dagtid. Därför bedöms den reaktiva effekten som solcellsparken genererar inte innebära några problem i nätet som det ser ut idag.



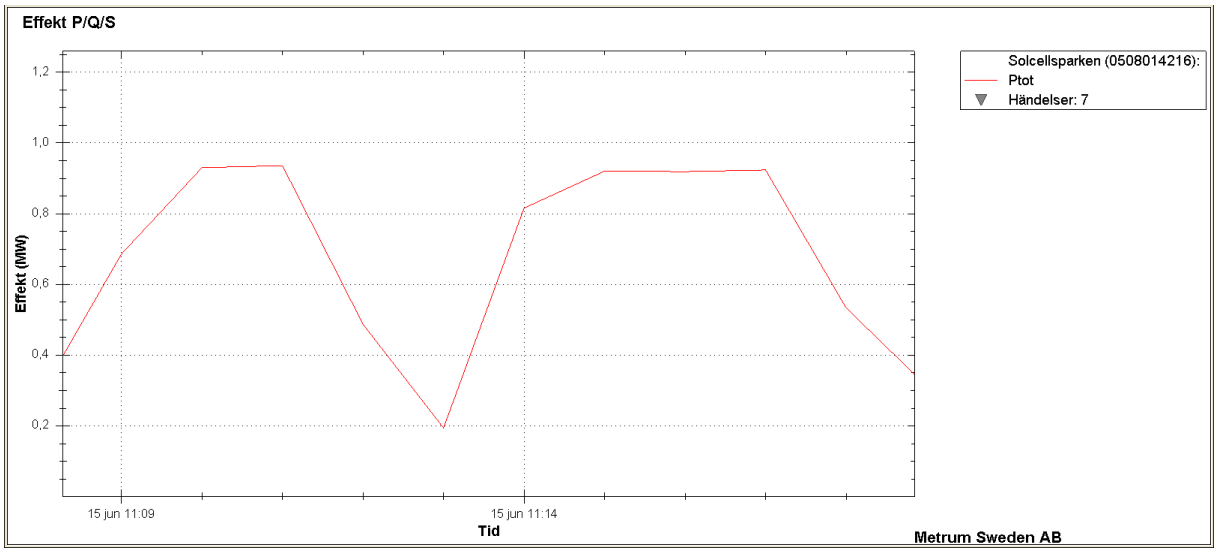
Figur 6 visar fördelningen av antalet tiominuters medelvärden för effekt för ett helt år mellan 2014-06-01 och 2015-05-31. Man kan utifrån denna data konstatera att under 56 % av tiden är det ingen produktion. Man kan även se att under en del av tiden är effekten negativ vilket innebär att solcellsparken inte har någon produktion utan att den förbrukar energi i form av tomgångsförluster samt belysning och uppvärmning av lokaler. Högsta uppmätt tiominutersvärde för förbrukning av aktiv effekt är 13,2 kW.



Figur 6. Fördelning av tiominuters medelvärden för effekt för perioden 2014-06-01 och 2015-05-31. Notera att stapel -10-0 kW går utanför diagrammet.

8.3 Ramphastighet

En del länder har börjat ställa krav på ramphastigheten (*ramp rate*) för större produktionsanläggningar. För att kunna beräkna ramphastigheten ställdes lagringsintervallen i mätningen av effekt om till enminutersintervall under perioden 2015-06-14 och 2015-06-26. Ramphastigheten är förhållandet mellan förändring i aktiv effekt genom en tidsenhet, i detta fall en minut. Ramphastigheten har därför beräknats som skillnaden mellan två på varandra följande enminutersvärden. Det högsta uppmätta positiva värde under mätperioden var 621,5 kW/minut, se Figur 7. I solcellsparkens fall skulle den största effektförändringen motsvara en ramphastighet på 62 %/minut. Eftersom variationen i lasten inte ger upphov till snabba spänningsändringar utanför gränsvärdena så är detta inte något problem för MEE som lokalnätsägare.



Figur 7. Enminutersvärden för aktiv effekt.

9 Slutsatser

Utifrån de resultat som elkvalitetsmätningen och beräkningarna gett så kan man konstatera att solcellsparken har en viss påverkan på elnätet även om kraven i gällande föreskrift EIFS 2013:1 är uppfyllda. Bland annat så är de långsamma spänningsvariationerna som solcellsparken orsakar tidvis större än vad som rekommenderas i AMP. Detta innebar bland annat att under april och maj 2015 så var spänning 2,5 % eller mer över referensspänningen under 0,74 % av tiden.
Utrymmet till gränserna i EIFS 2013:1 är av naturliga skäl stora i mätpunkten och det kan uppfattas som det är en förhållande liten del av tiden som spänningen är 2,5 % över referensspänningen.
Det man dock kommer behöva ta hänsyn till är att det ska finnas marginaler för anslutning av mikroproduktion i närliggande lågspänningsnät. Då solcellsparken och eventuell mikroproduktion kommer samverka i samband med hög produktion kan detta i sin tur medföra höga spänningar långt ut i näten. Därför bör man utreda vidare vilken påverkan på närliggande lågspänningsnät det tillskott till spänningsvariationerna som solcellsparken medför.

Den främsta anledningen till den påverkan som solcellsparken har på spänningsvariationerna är att nätet är förhållandevis svagt jämfört med solcellsparkens installerade effekt. Detta beror på att den är ansluten i befintligt nät långt från matande transformator. Även om man gjorde vissa förstärkningar med nya kablar i samband med anslutningen så var detta inte tillräckligt för att uppfylla de rekommendationer som AMP ger vad det gäller spänningsvariationer. För att klara detta hade man behövt dra en egen kabel för solcellsparken och anslutit den närmare ÖM. Ett kanske lämpligare alternativ hade varit att ansluta solcellsparken på närmaste 20 kV, som ligger 3,5 km från solcellsparken.

Eftersom solcellsparken producerar en del övertoner så bör det utredas vilken påverkan detta har på andra punkter i nätet längs med linje från PT1882 mot ÖM.

Med erfarenheterna från solcellsparken så kan det konstateras att man måste ha kontroll på vilka spänningsvariationer som uppstår i nätet när man ansluter produktionsanläggningar i befintliga nät som detta. Man bör inte bara titta på de spänningsvariationer som produktionsanläggningarna i sig orsakar utan man måste även ha koll på det finns marginaler för den utbyggnad av solcellsanläggningar som kan ske i lågspänningsnäten. Detta blir särskilt viktigt när man ansluter stora solcellsparker som denna eftersom de alltid kommer samverka med de solcellsanläggningar som ansluts till lågspänningsnäten.

Kan man inte göra noggrannare beräkningar innan man ansluter en produktionsanläggning så är AMP:s rekommendation att anläggningen inte får påverka spänningen mer än 2,5 % i sammankopplingspunkten lämplig att följa.

10 Referenser

Energimarknadsinspektionen, *EIFS 2013:1, Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet*, 2013.

Svensk Energi, *Anslutning av mindre produktionsanläggning – AMP*, Utgåva 4, 2011.

IEEE Power and Energy Society, *IEEE Std 519-2014, IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*, 2014.

Svenska Kraftnät, *TR06-01, Tekniks riktlinjer för elkvalitet del1: Spänningens egenskaper i stamnätet*, 2006.

Sven-Erik Berglund och John Åkerlund. *EMC, elkvalitet och elmiljö, guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet. Elforsk 07-40*. Version 4, 2007.