

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Bristande personsäkerhet i lågspänningsanläggning på grund av bristande utlösning av jordfelsbrytare vid solcellsanläggningar	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska [Klicka här och skriv]	
Universitet/högskola/företag LTU	Avdelning/institution TVM
Adress Forskargatan 1	
Namn på projektledare Math Bollen	
Namn på ev övriga projektdeltagare Sarah Rönnerberg, Angela Espin Delgado, Jil Sutaria, Naser Nakhodchi	
Nyckelord: 5-7 st Jordfelsbrytare, Likström, Supratoner, Övertoner, Läckström	

Förord

Referensgruppen har bestått av

Alexander Bäckström, Svea Solar

Anna Werner, Svensk solenergi

Anders Richert, Elsäkerhetsverket

Per Höjevik, Elsäkerhetsverket

Robert Nyden, Garo

Michael Bartonek, Eaton Österrike

Paolo Faure, ABB Italien

Luca Ghezzi, ABB Italien

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	2
Inledning/Bakgrund	2
Genomförande	3
Resultat	3
Diskussion.....	4
Publikationslista.....	4

Referenser, källor.....	Error! Bookmark not defined.
Bilagor	5

Sammanfattning

Jordfelsbrytare används i lågspänningsinstallationer för att upptäcka jordfel genom att indirekt mäta summaströmmen (läckströmmen). Jordfelsbrytare är avsedda att skydda personer vid direktkontakt med ledande delar av anläggningen under ett fel. En jordfelsbrytare kan falla på två olika sätt, underlåtenhet att lösa ut eller falskutlösning där den förra är den allvarligaste när det gäller konsekvens för personsäkerhet.

Jordfelsbrytare av olika typer och tillverkare, vanligt förekommande på marknaden, har testats inom projektet och en påverkan ses när summaströmmen innehåller likström, kvasi-likström, övertoner och supratoner. Viktigt att notera är att även om en påverkan ses så är denna påverkan inte av den grad att funktionaliteten av jordfelsbrytarna äventyras. En riskanalys har gjorts över utbredningen, från en kundanläggning till en annan, av frekvenskomponenter från likström till 150 kHz. Resultaten visar att likström inte propagerar till angränsande anläggningar på ett sätt som kan negativt påverka jordfelsbrytare. För höga frekvenser finns en viss utbredning men dessa komponenter har en mindre påverkan på jordfelsbrytare.

Summary

Residual current devices (RCDs) are used in low voltage installations to detect earth faults by indirectly measuring the sum of the currents flowing in the phases and neutral conductor (leakage current). RCDs are intended to protect persons in direct contact with conductive parts of the system during a fault. An RCD can fail in two different ways, failure to trip or false tripping where the former is the most serious in terms of consequences for personal safety.

RCDs of various types and manufacturers, commonly used on the market, have been tested and an effect is seen when the residual current contains dc, quasi-dc, harmonics and supraharmonics. It is important to note that even if an impact is seen, this impact is not to the extent that the functionality of the RCD is compromised. A risk analysis has been performed on the distribution, from one customer facility to another, of frequency components from dc to 150 kHz. The results show that dc does not propagate to adjacent facilities in a way that can negatively affect RCDs. High frequencies propagate to a certain degree, but these components have a smaller effect on RCDs.

Inledning/Bakgrund

Detta projekt har kartlagt om jordfelsbrytare kan påverkan negativt i lågspänningsnät där det finns solcellsanläggningar anslutna. Om jordfelsbrytare inte löser ut vid ett fel kan en farlig beröringsspänning uppstå med allvarliga

personskador som följd. Mindre solcellsanläggningar ansluts direkt till lågspänningsnätet med hjälp av en kraftelektronisk växelriktare. Växelriktaren omformar likspänningen från solcellerna till 50-Hz växelspanning. Utöver 50-Hz komponenten genererar kraftelektroniken en del komponenter vid andra frekvenser, från likström till tiotals kHz.

Detta projekt kommer att rikta sig mot två specifika frekvensområden (likström och supratoner) från solcellsanläggningar och deras påverkan på jordfelsbrytare i lågspänningsnät. Jordfelsbrytaren spelar en viktig roll för person- och elsäkerhet i lågspänningsnät och det är därför viktigt att brytaren fungerar som den ska. Om jordfelsbrytaren inte löser ut vid ett fel uppstår ett direkt hot mot el- och personssäkerhet. Det kan leda till allvarliga personskador och även dödsfall vid ett jordfel i lågspänningsnätet. Jordfelsbrytare som löser ut när inget fel existerar leder i första hand bara till irritation, men kan också leda till att jordfelsbrytaren kopplas förbi eller tas bort.

Det har funnits obekräftade rapporter om att jordfelsbrytare inte löser ut för ett fel om det finns likströmmar i systemet och att det förekommer falskutlösning på grund av supratoner. Det fanns därför behov av en systematisk studie bland annat om ursprung och spridning av likströmmar och supratoner i närheten av solcellsanläggningar och hur jordfelsbrytare påverkas av dessa frekvenskomponenter.

Arbetet inom projektet har bestått av litteraturstudier, laboratiemätningar, beräkningar och simuleringar.

Genomförande

Projektet har utförts genom dels genom laborativ verksamhet dels genom simuleringar. En standardiserad uppkoppling har gjorts i elkraftlaboratoriet på LTU i Skellefteå där jordfelsbrytare har testats för ett antal testsummaströmmar. Frekvensinnehåll och vågform för dessa testsummaströmmar har tagits fram genom dialog med tillverkare för jordfelsbrytare samt utifrån slutsatser dragna från litteraturstudien. Utlösningsskarakteristik för jordfelsbrytarna då de utsatts för testsummaströmmarna har studerats. Simuleringar har gjorts för att bedöma utbredningar av främst likström i lågspänningsnät.

Resultat

Det är osannolikt att likströmmar från solcellsinstallationer i lågspänningsnät sprids till andra anläggningar tack vare transformatorns funktion i kretsen. Likströmmar som uppstår vid fel på likströmssidan av växelriktaren kan spridas till andra under tillslagsögonblicket. En farlig situation kan uppstå om ett fel uppstår exakt samtidigt i två angränsande anläggningar och att den likströmskomponent som flyter till angränsande anläggning är av tillräcklig magnitud för att blockera jordfelsbrytaren. Sannolikheten för detta bedöms som låg.

Det är sannolikt att läckströmmar uppstår vid högre frekvenser och att dessa kan spridas till angränsande anläggningar. Resultaten visar att inga falskutlösningar

uppstår då summaströmmen består av endast supratoner. En påverkan på jordfelsbrytare ses när summaströmmen innehåller likström, kvasi-likström, övertoner och supratoner. Denna påverkan inte av den grad att funktionaliteten av jordfelsbrytarna äventyras. Det har noterats fall då jordfelsbrytaren inte löser ut, dessa jordfelsbrytare är dock endast specificerade för 50/60 Hz och glättad likström. För en detaljerad beskrivning av resultaten, se Bilaga A.

Diskussion

Utbredning av likström.

För vissa typer av laster (exempelvis solcellsanläggningar, elbilar) finns krav på att en viss typ av jordfelsbrytare installeras (typ B eller typ F) då dessa laster kan injicera likström i lågspänningsnätet. Det har funnits en oro att jordfelsbrytare (av annan typ) i angränsande installationer tappar sin funktionalitet när exempelvis solceller installeras någonstans i ett lågspänningsnät. Resultaten från studien visar att denna oro är obefogad. De likströmskomponenter som förekommer propagerar inte till angränsande kunds anläggning och det finns således inte någon anledning att förändra de idag satta kraven på jordfelsbrytare.

Utbredning av supratoner

Då det finns en kapacitiv koppling till jord så ökar risken för läckströmmar med ökande frekvens. Allt fler apparater injicerar supratoner till lågspänningsnäten och även om utbredningen sker i hög utsträckning inom kundens anläggning så sker en propagering också ut till näten och till angränsande kunders anläggning. Ytterligare forskning behövs för att studera och kvantifiera detta.

Påverkan på jordfelsbrytare.

Projektet har studerat hur jordfelsbrytare påverkas av likström, kvasi-dc, övertoner samt höga frekvenser (sk. Supratoner). Resultaten visar att jordfelsbrytare påverkas men inte till den grad att funktionaliteten äventyras. Störst påverkan ses vid likström samt låga frekvenser (upp till 150 Hz) men även frekvenskomponenter i kHz-området har en påverkan på utlösningsvillkor. Ytterligare studier behövs här där man tar med ökad komplexitet hos testsummaströmmen. Även andra typer av skydd bör studeras, exempelvis dvärgbrytare då även de kan påverkas av förekomsten av högfrekventa störningar.

Publikationslista

Under projektet har följande publikationer producerats:

A. Espin-Delgado, J. Sutaria, S. Rönnberg, N. Nakhodchi, M. Bollen, Impact of Supraharmonics and quasi-dc on the operation of residual current devices. Proc. 26th international conference on electricity distribution Cired, 2021

S. Rönnberg, J. Sutaria, A. Espin-Delgado, N. Nakhodchi & M. Bollen
Jordfelsbrytare och komponenter från dc till 150 kHz – en riskbedömning,
Rapport, Energiforsk 2021

J. Sutaria, A. Espin-Delgado, S. Rönnerberg, Measurements and modelling of the Frequency behavior of Residual Current Devices, *to be submitted*

Resultaten kommer också att spridas till studenter på högskoleingenjörprogrammet i Elkraftteknik vid Luleå tekniska universitet.

Bilagor

Administrativ bilaga

Bilaga A, Rapport Energiforsk

Bilaga B, J. Sutaria et al. _Känslig information

Bilaga C, A. Espin-Delgado et al. _Känslig information