

# Dynamik von Industriennetzen

## Umgang mit Fehlern im externen Netz

### Auf einen Blick

Um Energieversorgungsausfälle vermeiden zu können, muss das dynamische Verhalten eines Netzes ermittelt werden. Industrielle Energieversorgungssysteme, die Energieerzeugung beinhalten, sind besonders anfällig für Netzinstabilität. Siemens Power Technologies International (Siemens PTI) kann helfen, eine an die individuellen Bedürfnisse des betreffenden Industriennetzes angepasste Lösung zu finden, um damit die Stabilität des Netzes zu erhöhen und letztlich Versorgungsausfälle zu vermeiden.

Als Netzberater unterstützt Siemens:

- Bei der Identifizierung von Ursachen für Versorgungsausfälle
- Mit hochklassigen Simulationstools der PSS® Produktreihe zur Modellierung von Netzverhalten und der Erarbeitung von Lösungen
- Bei der Umsetzung von Maßnahmen, die die Stabilität des industriellen Netzes erhöhen

### Die Aufgabenstellung

In Industriennetzen sind neben dem stationären Verhalten unterschiedliche Vorgänge dynamischer Art zu berücksichtigen, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Beispielsweise sind im Folgenden die wichtigsten betrieblichen Störungen aufgeführt.

### Entkopplung

Industriennetze, die Eigenerzeugung beinhalten, sind nur bis zu einem gewissen Grad in der Lage, größere Netzfehler zu überstehen. Große Frequenzabfälle oder längere Perioden von Unterspannung, z.B. aufgrund von Kurzschlüssen im externen Netz, können die Ursache für einen Energieversorgungsausfall sein.

### Zuschalten von Transformatoren

Das Zuschalten von Transformatoren kann durch den beim Schalten entstehenden Inrush-Strom zu erheblichen Spannungsproblemen führen. Das System kann durch unterschiedliche Maßnahmen wie Spannungsabsenkung, Hochfahren der Spannung oder Schalten der Einzelpole gemäß Transformatorfluss, geschützt werden.

### Anlauf großer Motoren

Sind große Motoren vorhanden, ist zu prüfen, ob das System in der Lage ist, den Anlauf von großen Motoren zu gewährleisten. Bei Asynchronmotoren ist der Blindleistungsbedarf während des Anlaufs von Fremdnetz und den unter Umständen vorhandenen Generatoren bei ausreichender Systemspannung während der Hochlaufzeit aufzubringen. Bei Synchronmaschinen ist zu unterscheiden, ob die Maschine hoch geschleppt wird oder über die

Dämpferkäfige asynchron hoch läuft, und wann und wie die Erregung zugeschaltet wird.

### Unsere Lösung

Ein Netzfehler kann mit Hilfe passender Indikatoren identifiziert werden. Diese Indikatoren sind Strom, Spannung, Leistung, Phase, Frequenz oder Frequenzgradient. Eine Simulation kann dazu dienen, jegliche Netzfehler zu modellieren und die Reaktion der Anlage im Hinblick auf Stabilität, Spannungswiederkehr und Frequenz zu simulieren. Dies ermöglicht die Festlegung der Parameter hinsichtlich Größe und Zeit für den Schutz der Anlage, so dass die Stabilität der Generatoren und die Spannungswiederkehr im Falle einer Umstellung auf isolierten Betrieb gewährleistet sind.

Das dynamische Verhalten der Verbraucher und Generatoren sowie das Verhalten der Spannungsregler und Turbinen müssen für einen sicheren Übergang auf Inselbetrieb berücksichtigt werden. Die Ergebnisse werden dazu verwendet, das Entkopplungsgerät einzustellen, sowie für andere Schutzeinstellungen, z.B. Unterspannungsschutz. Für das Zuschalten von Transformatoren muss eine Maßnahme getroffen werden, um den Transformator-Inrush zu überstehen. Geeignete Methoden wären z.B. das Hochschleppen mit Generatorspannung, eine Reduktion der Systemspannung oder kontrolliertes Schalten. Für den Anlauf großer Motoren wären beispielsweise Direktstart, Drosselstart, Starttrafos, Motorstarter oder Anfahr-Umrichter einzusetzen.

## Inselnetze

Viele industrielle Anlagen werden als elektrische Inseln betrieben (Ölbohrplattformen, LNG-Anlagen, Erzminen, etc.). Wenn eine Industrieanlage als Insel mit eigener Stromversorgung betrieben wird, sind neben den Schaltvorgängen unterschiedliche dynamische Vorgänge zu berücksichtigen.

Der Ausfall eines Generators ist der kritischste Fehler und kann durch Reserve der anderen Maschinen oder durch Lastabwurf kompensiert werden. Hier sind betriebliche Bedingungen und prozesstechnische Möglichkeiten aufeinander abzustimmen, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Die Reserve der Generatoren kann auch vom Prozess (Dampfbedarf, Möglichkeit der Zusatzfeuerung) abhängen. Der Lastabwurf kann über ein Signal für den Ausfall eines Generators gesteuert werden oder durch die abfallende Frequenz, je nachdem, ob die Notwendigkeit einer schnellen Frequenzstabilisierung besteht.

Der Ausfall eines Generators führt nicht nur zu fehlender Wirkleistung, sondern auch zu fehlender Blindleistung, was unter Umständen zum Spannungszusammenbruch führen kann.

Auch kann der Blindleistungsbedarf nach Kurzschlüssen kritisch sein, weil Motoren oder Motorgruppen wieder anlaufen und sehr hohen Blindleistungsbedarf bei längeren Fehlerzeiten haben, den die Generatoren in der Insel nicht aufbringen können.

In großen Anlagen werden oft große Antriebseinheiten eingesetzt. Der Ausfall eines Antriebs oder einer Antriebskette kann prozessbedingt zu sehr großen Entlastungen führen, die wiederum hohe und gefährliche Überfrequenzen zur Folge haben.

In allen Fällen müssen das System koordiniert und die Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden (Reserve, Abschalten von Generatoren, Schutz, Abschalten von Lasten etc.), da elektrische Inseln bedingt durch ihre Größe kritischer auf dynamische Vorgänge reagieren als Systeme, die mit einem externen Netz verbunden sind.

## Anwendungsbeispiel

Beispiel 1 zeigt das Verhalten eines Industriekraftwerks an der Stabilitätsgrenze (Polradwinkel ca. 180°) nach einem 3-poligen Kurzschluss von 230 ms. Bei 240 ms wäre die Anlage instabil. Diese Information wird zur Einstellung der Schutzgeräte benötigt.

Beispiel 2 zeigt eine petrochemische Anlage mit erfolgreicher Spannungswiederkehr nach 110 ms 3-poligem Netzfehler, und den Spannungskollaps nach einem 150 ms dauernden Kurzschluss. Diese Informationen dienen der Unterspannungsabschaltung von Motorengruppen, um das Netz zu stützen.

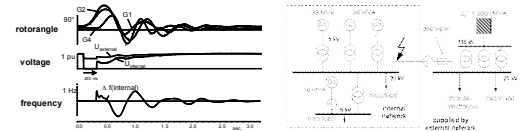


Abbildung 1: Generatorstabilität

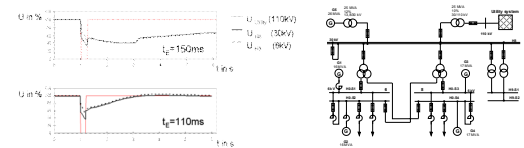


Abbildung 2: Spannungswiederkehr nach Kurzschluss in einem 110 kV Netz für 150 / 110 ms

Herausgeber  
Siemens AG 2016

Energy Management Division  
Freyeslebenstraße 1  
91058 Erlangen, Deutschland

Kontaktieren Sie uns:  
[power-technologies.energy@siemens.com](mailto:power-technologies.energy@siemens.com)

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.  
Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.