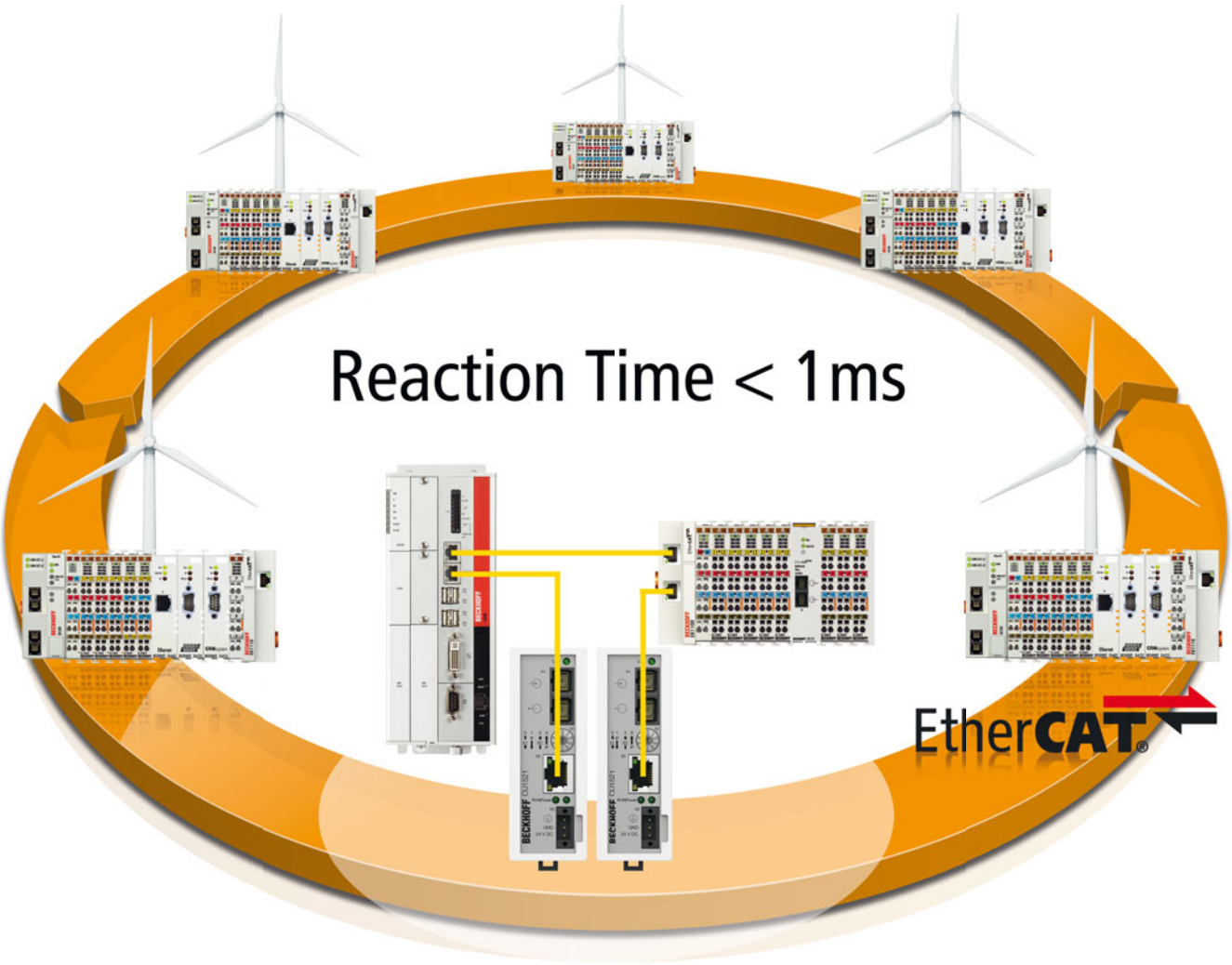


Ultraschnelle Windparkvernetzung optimiert Netzverträglichkeit

Echtzeit-Netzwerke für Windparks mit einer Zykluszeit kleiner als 1 ms

Der Ausbau regenerativer Energien nimmt weltweit rasant Fahrt auf. Die Notwendigkeit, den CO_2-Ausstoß zu verringern, sowie die sinkende Akzeptanz für Kernenergie tragen maßgeblich zu dieser Entwicklung bei. Da jedoch Wind und Sonne nicht konstant verfügbar sind, führt die Einspeisung der erneuerbaren Energien zu nicht unerheblichen Problemen in den Netzen. Die schnelle EtherCAT-basierte Automatisierungslösung von Beckhoff ermöglicht Reaktionszeiten von unter 1 ms. Eine frühzeitige Diagnose von Spannungseinbrüchen erhöht die Netzverträglichkeit. Eine Technologie, die sich auch adäquat für Solarparks anwenden lässt.

Erste Schritte in diese Richtung sind bereits erfolgt: Viele internationale Netzanschlussbedingungen, die sogenannten Grid-Codes, schreiben mittlerweile für jede Windenergieanlage die LVRT (Low Voltage Ride Through)-Fähigkeit vor. Das heißt, bei plötzlichen Spannungsänderungen im Netz, beispielsweise aufgrund von Kurzschlüssen, muss die Anlage für einen definierten Zeitraum mit dem Netz verbunden bleiben und definierte Blindströme zur Fehlerklärung und Spannungsstützung einspeisen. Anschließend muss sie – innerhalb weniger Sekunden – zur vollen Wirkleistungseinspeisung zurückkehren. Die geforderten Blindströme sind abhängig von der Tiefe des Spannungseinbruches und müssen, je nach Anforderung, an der Windenergieanlage oder auch am Netzanschlusspunkt erbracht werden.

Auf dieser Basis ist jede moderne Windenergieanlage heute in der Lage, auf einen Spannungseinbruch im Netz angemessen zu reagieren. Die Windparks werden zunehmend größer, und Installationen von bis zu 500 MW sind keine Seltenheit mehr. Angesichts der Größe der windpark-internen Stromnetze liefert eine rein auf Anlagenebene ausgeführte LVRT-Behandlung am Netzanschlusspunkt häufig nicht den vom Netzbetreiber gewünschten Effekt. Aufgrund der dazwischen liegenden Impedanzen unterscheiden sich die Spannungen zwischen Anlagen und Netzanschlusspunkt. Das heißt, dass jede Windenergieanlage unterschiedlich auf die Veränderungen im Netz reagiert. Auch die auf Anlagenebene eingespeisten Blindströme sind nicht identisch mit dem resultierenden Blindstrom am Netzanschlusspunkt.

Die Beckhoff-Lösung basiert darauf, diese Problematik anzugehen und eine koordinierte Reaktion des gesamten Windparks auf einen Spannungseinbruch im Netz möglich zu machen und so ein definiertes Verhalten des gesamten Parks am Netzanschlusspunkt zu erreichen.

Bisher werden für die Einspeisung von Windenergieanlagen bzw. von Windparks folgende Werte geregelt:

- LVRT und lokale Spannungsbegrenzung (zeitliche Anforderung an die Anregelzeit: < 10 ... 20 ms)
- Wirkleistung sowie Blindleistung bzw. Spannung (zeitliche Anforderung an die Anregelzeit: 1 s … 60 s)

Die Reaktion im LVRT-Fall ist, aufgrund der zeitlichen Anforderungen derzeit auf Anlagenebene, im Umrichter realisiert. Die bei einer zentralisierten Behandlung durch einen Parkregler auftretenden Verzögerungen in der Regelschleife würden ein Erreichen der geforderten Dynamik verhindern.

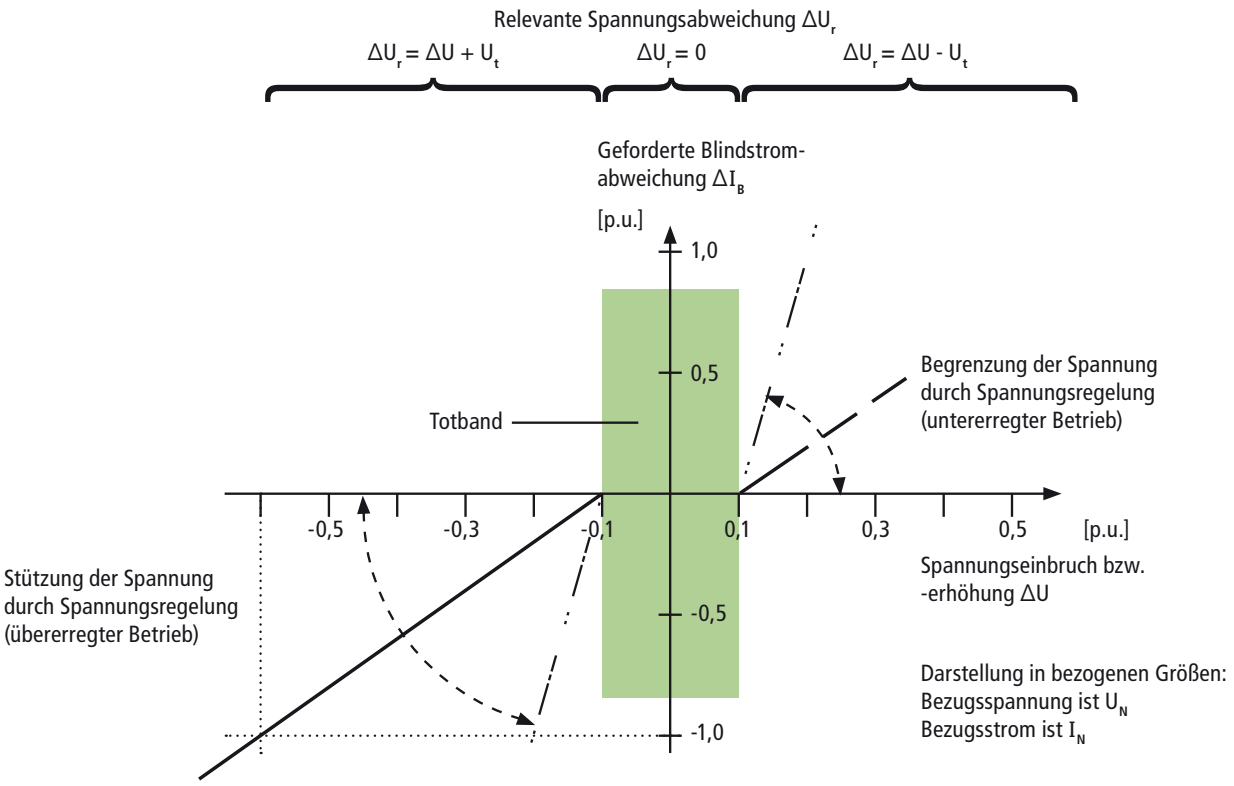
Die Spannungs-/Blindleistungsebene wird auf Parkebene realisiert; nur so kann am Netzanschlusspunkt ein dort vorgegebener Sollwert erreicht werden. Hier stellt die teilweise geforderte hohe Dynamik (Anregelzeit 1 s) im Zusammenhang mit einer schwachen Netzanbindung und einer Q(U)-Charakteristik eine Herausforderung dar.

Windparkvernetzung mit EtherCAT

Der Beitrag von Melanie Hau und Martin Shan[1], mit dem Thema „Windparkregelung zur Netzintegration" (siehe auch Artikel ab Seite 30), hat herausgestellt, dass insbesondere die Geschwindigkeit der Windparkvernetzung sowie des Feldbusses der Anlagenautomatisierung einen signifikanten Einfluss auf die erreichbare Dynamik bei der Spannungs- bzw. Blindleistungsregelung in einem Windpark ausüben.

Genau hier setzt die Beckhoff-Lösung an, die auf der Windparkvernetzung mit EtherCAT beruht. Bisher werden Windparkvernetzungen auf Basis von Ethernet realisiert. Zur Verbindung der einzelnen Windenergieanlagen mit dem Leitrechner sind Ethernet-Lichtwellenleiterkabel im Einsatz. Da EtherCAT auf Ethernet basiert und vollständig kompatibel ist, kann beim Einsatz von EtherCAT dieselbe Physik genutzt werden. Auch das Thema Kabelredundanz ist mit EtherCAT vollständig gelöst. Der LWL-Ring im Windpark wird am Parkmaster geschlossen. Die notwendige TCP/IP-Kommunikation kann über Switchport-Klemmen innerhalb des EtherCAT-I/O-Systems erfolgen. Der Clou dabei ist, dass durch die Nutzung von EtherCAT nicht nur eine wesentlich höhere Übertragungsgeschwindigkeit erzielt wird, sondern auch – gegenüber den bisher eingesetzten, redundanzfähigen Switchen – ein Kostenvorteil entsteht.

[1] Hau, Melanie und Shan, Martin. Windparkregelung zur Netzintegration. 16. Kasseler Symposium Energy-Systemtechnik 2011. http://www.iwes.fraunhofer.de/de/publikationen0/uebersicht/publikationen_veroeffentlichungengesamt/2011/windparkregelungzurnetzintegration.html



SDLWindV-Blindstromeinspeisung im Netzfehlerfall (Quelle: SDLWindV)

Leistungsmessung mit 10.000 Samples/s

EtherCAT erhöht die Geschwindigkeit signifikant: Ein vollbesetztes EtherCAT-Telegramm mit 1500 Byte Inhalt kann in 77 µs vom Master gesendet und wieder empfangen werden. Wenn man von einem Prozessabbild von 50-Byte-Input und 50-Byte-Output für jede Windenergieanlage ausgeht, lässt sich das Prozessabbild eines Windparks mit mehr als 150 Windenergieanlagen in weniger als einer Millisekunde auffrischen. Falls sich die Geschwindigkeitsanforderungen oder die Anzahl der Windenergieanlagen deutlich erhöhen, lassen sich auch mehrere EtherCAT-Ringe auf einem Master realisieren.

Hinzu kommen weitere, mit EtherCAT realisierte Technologien: So erlaubt das Oversampling eine Messung bzw. die Ausgabe von Signalen im Feld mit einer Frequenz von bis zu 100 kHz. Die Oversampling-Technologie wird beispielsweise zur Messung des Stroms und der Spannung am Netzanschlusspunkt mit Hilfe der EtherCAT-Leistungsmessklemme EL3773 eingesetzt. Die Abtastfrequenz beträgt hier 10 kHz.

Die Distributed-Clocks-Funktion eines EtherCAT-Teilnehmers, mit einer Auflösung von 1 ns und einer Genauigkeit von 10 ns, erlaubt die zeitliche Synchronisation von Mess- und Stellwerten in einem Zeitfenster deutlich kleiner als 1 µs, da sämtliche Distributed Clocks in einer EtherCAT-Topologie durch Laufzeitmessung synchronisiert werden. Auf Basis dieser Funktion lassen sich die Messwerte in einem Windpark hervorragend synchronisieren. – Sogar die Synchronisation der IGBTs von Umrichtern innerhalb eines Windparks lässt sich mit dieser Technik realisieren. Dazu müssen sowohl die Anlagenhersteller als auch die Lieferanten der Umrichter mit „ins Boot geholt" werden.

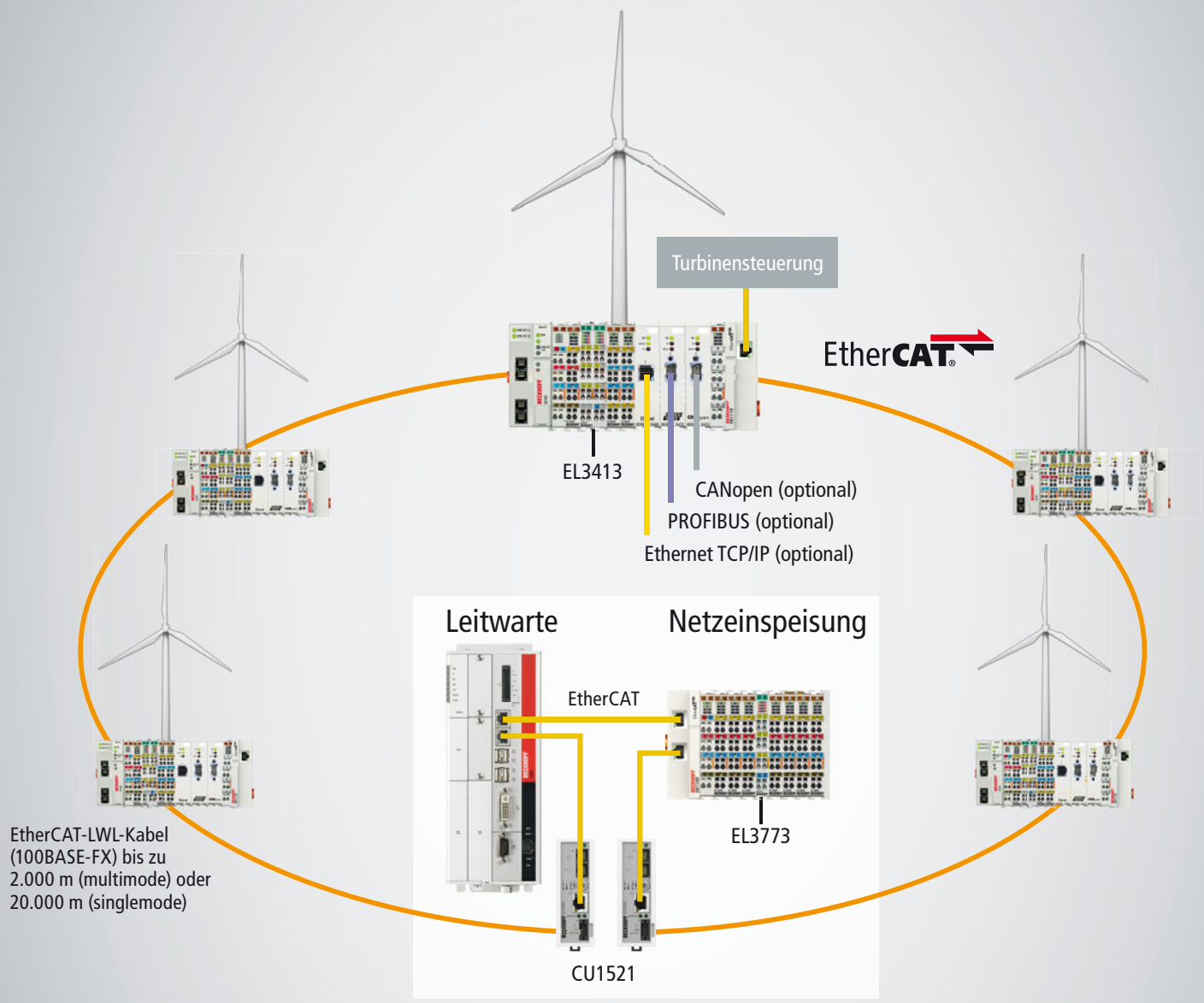
Breiter Einsatz durch offene Steuerungstechnik

Zusammengefasst heißt das, dass sich mit verfügbaren Standardkomponenten eine Windparkregelung realisieren lässt, die eine definierte Reaktion des gesamten Windparks am Netzanschlusspunkt auf einen Spannungseinbruch im Netz möglich macht. Auch außerhalb des Fehlerfalles sind hochdynamische Spannungs- bzw. Blindleistungsregelungen im Windpark für schwache Netzanschlüsse realisierbar.

Aufgrund der Offenheit des EtherCAT-Systems ist diese Lösung auch mit Steuerungen von Fremdanbietern realisierbar: Master- und Slave-Schnittstellen für alle gängigen Feldbussysteme (wie z. B. PROFIBUS, PROFINET und CANopen) sind für das EtherCAT-Klemmensystem verfügbar. Für die meisten Schnittstellen stehen serielle Protokolle zur Verfügung; alternativ kann die Kommunikation auch mit einer Parallelverdrahtung gelöst werden.

Zur Kontrolle des Reglers kann auf jeder Windenergieanlage die EtherCAT-Leistungsmessklemme EL3413 eingesetzt werden, die mit einem direkten 690-Volt-Anschluss ausgestattet ist. Weitere zusätzliche Signale, wie z. B. Wetterdaten, lassen sich über diese Topologie einfach und preiswert einsammeln.

Autor: Dirk Kordtomeikel, Branchenmanager Windenergie, Beckhoff



Die Windparkvernetzung mit EtherCAT ist im Vergleich zu herkömmlichen IP-Lösungen schneller und bietet zudem Kostenvorteile. Je schneller die Parkvernetzung ist, desto effektiver kann der Energieversorger auf Spannungseinbrüche oder geänderte Netzanforderungen reagieren. Die in das Automatisierungssystem integrierte EtherCAT-Leistungsmessklemme erfasst Augenblickswerte von Strom und Spannung am Einspeisepunkt mit bis zu 10.000 Samples/s. Eine frühzeitige Diagnose von Spannungseinbrüchen ist somit gewährleistet.

Im Unterschied zur aktuellen Lösung kann eine Reaktion eines gesamten Windparkes auf einen LVRT-Fall generiert werden. Wird ein Spannungseinbruch am Einspeisepunkt diagnostiziert, kann dies innerhalb von 1 ms an alle Windkraftanlagen im gesamten Parknetz gemeldet werden. Über die EtherCAT-Distributed-Clocks lassen sich die Messwerte aller Windkraftanlagen und der Messung am Einspeisepunkt eines Parks auf einem Zeitfenster kleiner als 1 µs synchronisieren. Mit diesen Daten können Strom, Spannung und Frequenz entsprechend geregelt und das Netz gestützt werden. Die bestehende Ethernet-Infrastruktur, auf Basis von LWL-Technik, kann verwendet werden.

weitere Infos unter:

www.beckhoff.de/EtherCAT

www.beckhoff.de/EL3773

www.beckhoff.de/EL3413