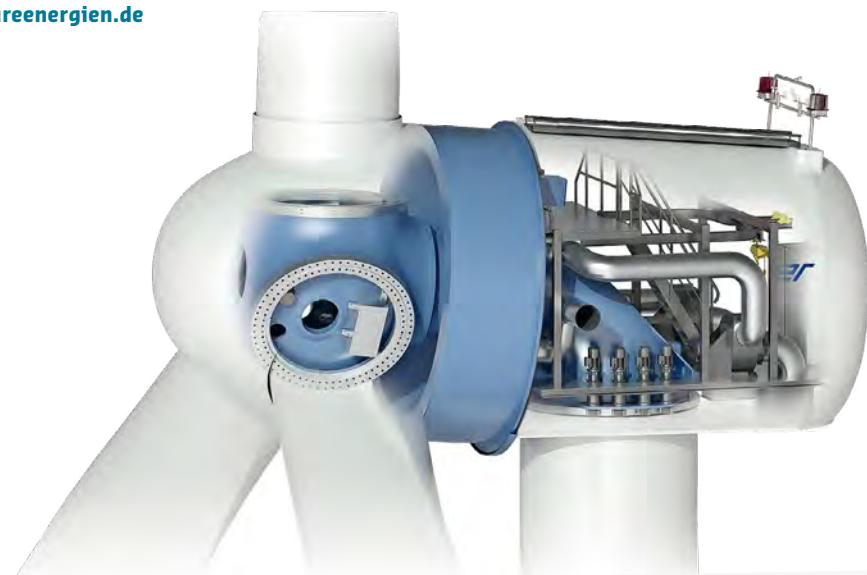




ERNEUERBARE DAS MAGAZIN ENERGIEN

www.erneuerbareenergien.de



10 starke INNOVATIONEN 2014



**Ein Minister bringt
Erneuerbare ins Ländle**
Seite 18

**Wie der Wind Europas
Stromnetze unterstützt**
Seite 40

**Weltgrößter Solarmarkt:
China lockt Planer**
Seite 59

Eine Bremse für die schlanke Asynchronmaschine

Mittlerweile verlangt fast jede Nation von den installierten Windturbinen, dass sie im Fall eines Netzfehlers am Netz bleiben und es so stützen. Bekannt ist diese Funktion als Low Voltage Ride Through, kurz LVRT.

Windturbinen mit Vollumrichter sind dazu durch eine Zusatzeinrichtung in der Lage. Sie erlaubt der Turbine, von Rotor bis Generator weiterzuarbeiten, als wäre nichts gewesen. Die erzeugte Energie wird im Fehlerfall einfach über einen Zwischenkreis abgeführt und in Wärme umgewandelt. In dieser Zeit stellt die Turbine dem Netz nur etwas Blindstrom zur Stabilisierung zur Verfügung. Sobald das Stromnetz wieder verfügbar ist, speist die Anlage voll ein.

Problematisch ist diese Funktion für die weltweit am häufigsten genutzte Windturbinenart: die doppelt gespeiste Asynchronmaschine. Hier gehen nur etwa 30 Prozent der Energie über den Umrichter ans Netz, der Rest direkt über den Generator. Daher lässt sich die Turbine beim Netzausfall nicht einfach isoliert weiterbetreiben. Der Generator bleibt am Netz, Drehzahl und Drehmoment müssen in Millisekunden reduziert werden. Das geht nur mechanisch. Die Rotorblätter pitchen dazu extrem schnell aus dem Wind und – sobald das Netz sich stabilisiert hat – wieder extrem schnell hinein. „Für die Struktur der Windturbinen ist das

eine extreme Belastung“, sagt Gerald Hehenberger, Geschäftsführer des österreichischen Ingenieurbüros SET.

Da sich diese Belastung bisher nicht vermeiden ließ, mussten die Turbinen entsprechend auf die Extremlastfälle des LVRT ausgelegt werden. Überall wird etwas Material aufgeschlagen, das verteuert die Turbine.

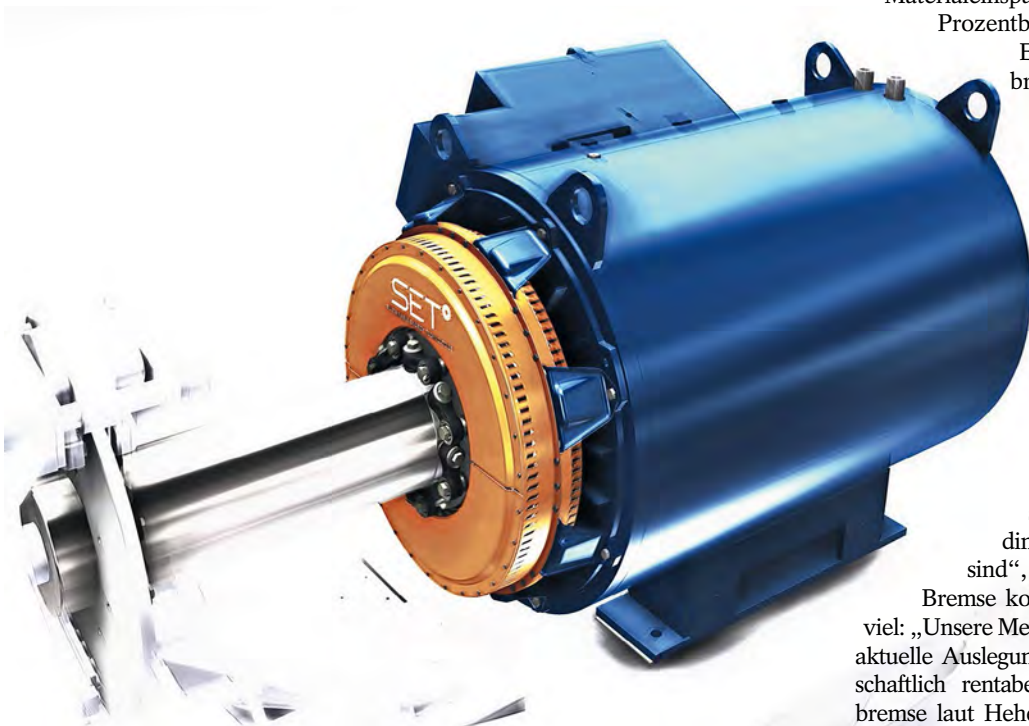
Hehenberger hat nun ein System entwickelt, das die Extremlasten vermeiden soll: eine verschleißfreie Wirbelstrombremse, die zwischen der schnellen Welle und dem Generator sitzt. Solche Bremsen greifen auch in Lastkraftwagen, zum Beispiel im Gebirge, wo die Scheibenbremsen an ihre Grenzen stoßen.

In der Windturbinen erzeugt die Wirbelstrombremse bei einem Spannungsabfall zwei starke elektromagnetische Felder, die gegeneinander wirken und die Welle abbremsen. So steigt die Reaktionszeit für die Windenergieanlage. Die Rotorblätter können langsamer pitchen. „Wir können die Lasten bis zu 50 Prozent reduzieren“, sagt Hehenberger.

Was bedeutet das für die Hersteller? Die strukturellen Belastungen durch den LVRT sind keine dimensionierenden Lasten mehr – Fundament, Turm, Rotorblätter, Getriebe und Lager können schlanker dimensioniert werden. „Wir rechnen mit Materialeinsparungen im unteren zweistelligen Prozentbereich“, sagt Hehenberger.

Einen Prototyp der Wirbelstrombremse hat das Unternehmen bereits getestet. Aktuell erreicht sie ein Bremsmoment von sechs Kilonewtonmeter innerhalb von 200 Millisekunden. Bis Anfang 2015 sollen zehn Kilonewtonmeter erreicht sein. Zum Vergleich: Das Nenndrehmoment einer Zwei-Megawatt-Turbine liegt bei etwa zwölf Kilonewtonmeter. „So hoch muss das Bremsmoment der Wirbelstrombremse nicht sein. Es muss nur hoch genug sein, damit die LVRT-Lasten keine dimensionierenden Lasten mehr sind“, sagt Hehenberger. Wie viel die Bremse kosten soll, verrät Set nicht. Nur so viel: „Unsere Methode ist eindeutig günstiger als die aktuelle Auslegung auf LVRT-Extremlasten.“ Wirtschaftlich rentabel funktioniert die Wirbelstrombremse laut Hehenberger auch als Nachrüstlösung für Bestandsanlagen. „Überall dort, wo das Netz häufig ausfällt, kann sie die Komponenten schützen und so das Leben der Anlage verlängern.“

Entwickelt hat Set die Wirbelstrombremse dabei gar nicht vorrangig für doppelt gespeiste Asynchronmaschinen, sondern für die eigene Antriebsentwicklung DSGen-set: Dank Servomotor hat dieses Getriebe eine stets konstante Drehzahl. Der Generatorstator ist ohne Umrichter ans Netz gekoppelt, was Einfallsreichtum für die LVRT-Fähigkeit erfordert hat.



Grafik: SET

Die Wirbelstrombremse an der schnellen Welle bremst Asynchronmaschinen im Netzfehlerfall zuverlässig herunter. Das erlaubt schlankere Designs.

„Wir können die Lasten bis zu 50 Prozent reduzieren.“

Gerald Hehenberger, Geschäftsführer des österreichischen Ingenieurbüros SET

A brake for lean induction generators

Virtually every nation now expects installed wind turbines to remain on the grid and support it in the event of a fault. This capability is known as low voltage ride through, or LVRT for short.

An auxiliary device gives wind turbines with full-scale converters that capability. It enables the turbine – from rotor to generator – to carry on operating as if nothing had happened. If a fault occurs, the power generated is simply diverted through a DC link and converted into heat. During this time, the turbine only supplies some reactive current for stabilizing the grid. As soon as the grid is available again, the WEC supplies power normally.

This function however poses problems for the most frequently used type of wind turbine in the world: the doubly fed induction generator. Here only about 30 percent of the energy goes to the grid through the converter, the remainder through the generator. In the event of a fault, the turbine cannot therefore simply carry on operating on its own. As the generator remains on the grid, speed and torque have to be reduced within milliseconds. That is only possible mechanically. The rotor blades then pitch out of the wind extremely quickly and – as soon as the grid has stabilized – back in extremely quickly. “But it is an extreme load for the wind turbine structure,” says Gerald Hehenberger, CEO of Austrian consulting engineers SET.

As this load was not previously avoidable, the turbines had to be designed for the extreme cases LVRT involved. Some material was added everywhere, which made the turbine more expensive.

Hehenberger has now developed a system designed to prevent the extreme loads: a wear-free eddy current brake that sits between the high-speed shaft and generator. Such brakes also act in trucks, for example in the mountains, where the disk brakes reach their limits.

In the wind turbine, if there is a voltage drop, the eddy current brake creates two strong electromagnetic fields that oppose each other and slow down the shaft. This increases the response time for the wind energy converter. The rotor blades can then pitch more slowly. “We can reduce loads by up to 50 percent,” says Hehenberger.

What are the implications for manufacturers? The structural loads from LVRT are no longer dimensioning ones, which means that the foundations, tower, rotor blades, gear and bearings can all be leaner. “We are reckoning on material savings in the lower double-digit percentage range,” says Hehenberger.

The company has already tested a prototype of the eddy current brake. It currently achieves a braking torque of 6 kNm, within 200 milliseconds. SET is aiming to reach 10 kNm by early 2015. In comparison: the rated torque of a two-megawatt turbine is around 12 kNm. “The braking torque for the eddy current brake doesn’t have to be that high. It only needs to be high enough to ensure the LVRT loads aren’t dimensioning ones,” says Hehenberger. SET does not disclose how much the brake will cost. Just this much: “Our method is much more cost effective than the current design for LVRT extreme loads.” According to Hehenberger, the eddy current brake is also economical as a retrofit for existing turbines. “Wherever the grid fails frequently, it can protect the components and thus increase the WEC’s life.”

SET did not actually develop the eddy current brake primarily for doubly fed induction generators, but for their own drive, the DSgen-set: thanks to its servo motor the input speed at the gear is always constant. The generator stator is connected to the grid without a converter, which required resourcefulness to provide LVRT capability.

新型制动器造就轻型双馈风机

现如今，几乎每个安装了风机的国家都在寻求着风机在电网故障的情况下可以保持联网和支持电网。众所周知的是低电压穿越功能（Low Voltage Ride Through），简称LVRT。

风力发电机通过附加设备与全功率变频器连接。其保证风机从风叶到发电机的正常运行。产生的能源在故障时则简单通过中间电路排除并转换成热。在此期间风机仅向电网提供少量无功电流以保持稳定。电网一恢复就全功率输送。

这一功能对于世界范围内最广泛使用的双馈机型来说存在着较多问题。该机型约30%的能源通过变流器输送，其余的则直接通过发电机。因此风机在电网故障期间不能独立继续运行。发电机保持联网，转速和转矩则必须降低至毫秒单位。叶片以极快的速度切出，一旦电网重新稳定，再以极快的速度切入。“对于该风机结构，这会造成极大的载荷，”奥地利SET工程公司的总裁Gerald Hehenberger说。

由于该载荷至今为止无法避免，风机必须涉及符合低电压穿越的极端工况。而因此对于材料的要求会造成风机成本的增高。

而现在，Hehenberger研发了一个新的系统，可以有效地避免极端载荷：在快速转轴和发电机之间加装一个无磨损涡流制动器。此类制动装置也使用于载重货车，例如当其行驶在山间时，其盘式制动器保证其极限。

在电压跌落时，涡流制动器在风机中产生两个强电磁场，他们彼此相互作用制动电波。如此一来给了风机缓冲反应时间。风叶可以更慢变桨。“我们可以将载荷降低至50个百分点，”Hehenberger说。

这对于制造商意味着什么？LVRT要求的结构载荷不再有尺寸要求上的载荷——塔基、塔筒、叶片、齿轮和轴承可以使用更为轻薄的尺寸。“我们预计材料节省上可以达到两位数百分比的范围”，Hehenberger说。

该涡轮制动器的一台样机已进行了测试。目前它已达到200毫秒内制动力矩6千牛顿米。截至2015年初将达到10千牛顿米。通过比较：一个2兆瓦的风机额定转矩为12千牛顿米。“涡轮制动器的制动力矩不需要达到这么高。它只需高到LVRT载荷不产生尺寸载荷即可。”Hehenberger说。该制动器售价多少，SET没有透露。仅说明“我们方案的价格要显著低于目前的LVRT极端载荷设计。”Hehenberger表示，现有风机类型可以对该涡流制动器进行经济可行的加装。“该制动器可以在任何经常发生电网跌落的地方对风机元件进行保护，延长风机寿命。”

SET涡流制动器的研发不仅仅适用于双馈机型，而且适用于其自主研发的DSgen-set®：由于伺服发电机的存在使得该传动装置始终保持恒定转速。同步发电机无需变流器直接接入电网，更为满足LVRT能力的要求。