

逆变器与电网的那些事儿

可持续发展背景下，如何满足大规模新能源接入、消纳成为实现碳达峰、碳中和目标的必答题，新能源接入电网已成为电力行业主要发展方向之一。

但由于新能源具备不稳定性、间歇性等特点，导致其在大量接入地区电网后会产生一定的负面作用，所以为保证电网的安全稳定运行，新能源设备必须具备主动调节电网的能力。本文从光伏逆变器的角度简述一下新能源设备如何主动调节电网保障电网的稳定运行。

1、基本理论

光伏逆变器主要的功能是将光伏 (PV) 太阳能板产生的可变直流电压转换为市电频率交流电 (AC) 反馈回商用输电系统，或是供离网的电网使用。光伏逆变器与电网之间主要通过有功功率和无功功率进行交互，光伏逆变器检测到电网的信息主要是电网电压和频率。根据电力系统基本原理分析，对于线路阻抗为0的理想电网系统来说负载有功功率不匹配发电机输出功率时多余的能量会转换成动能提高或降低发电机转速，影响到电网的频率，无功功率不匹配发电机无功功率时会影响发电机组的励磁电流进而改变了磁场，影响感应电动势即电网电压，实际工况中电网的线路阻抗不可能为0，由于线路阻抗的存在，电网的电流越大线路阻抗的压降越大，所以电网有功功率也会影响电网的电压的幅值。总结下来有功功率和无功功率对电网的电压和频率影响如下：

- (1) 有功功率变大电网频率变大。
- (2) 有功功率变小电网频率变小。
- (3) 容性无功功率变大电网电压变大
- (4) 感性无功功率变大电网电压变小
- (5) 有功功率变大电网电压变大（由于线路阻抗的存在）
- (6) 有功功率变小电网电压变小（由于线路阻抗的存在）

2、解决方案Solutions

针对以上情况很多国家的安全法规明确要求逆变器具备以下功能去调节电网的电压和频率以保障电网的稳定，进而保障电网上其他设备的稳定运行。

Volt-watt response mode

The volt-watt response mode varies the output power of the inverter in response to the voltage at its terminal. The inverter should have the volt-watt response mode. If this mode is available, it shall be enabled by default.

**VOLT-WATT RESPONSE
MAXIMUM SET-POINT VALUES
FOR REFERENCE VOLTAGES**

Reference	Maximum value (P/P _{rated}), %
V ₁	100%
V ₂	100%
V ₃	100%
V ₄	20%

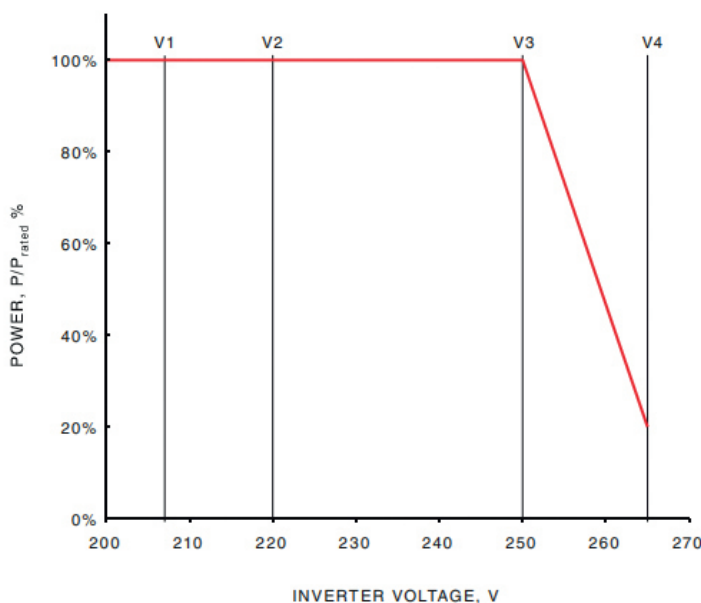


图1：澳洲安规AS4777.2标准关于电压有功曲线要求

Blindleistungs-Spannungskennlinie $Q(U)$

Ziel dieses Verfahrens ist es, dass die Erzeugungseinheit in Abhängigkeit von der aktuellen Spannung an den Generatorklemmen der Erzeugungseinheit Blindleistung mit dem Netz austauscht ($Q = f(U)$).

Die Referenzspannung U_{Q0} beträgt $400 \text{ V} / \sqrt{3}$.

Der arithmetische Mittelwert der Effektivwerte (wahlweise das Mitsystem) der gemessenen drei Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen an den Generatorklemmen der Erzeugungseinheit ist die Vorgabe für die einzuspeisende Blindleistung auf allen Außenleitern. Die Spannungsmessung darf einen Messfehler von maximal 1 % bezogen auf den Nennwert nicht überschreiten.

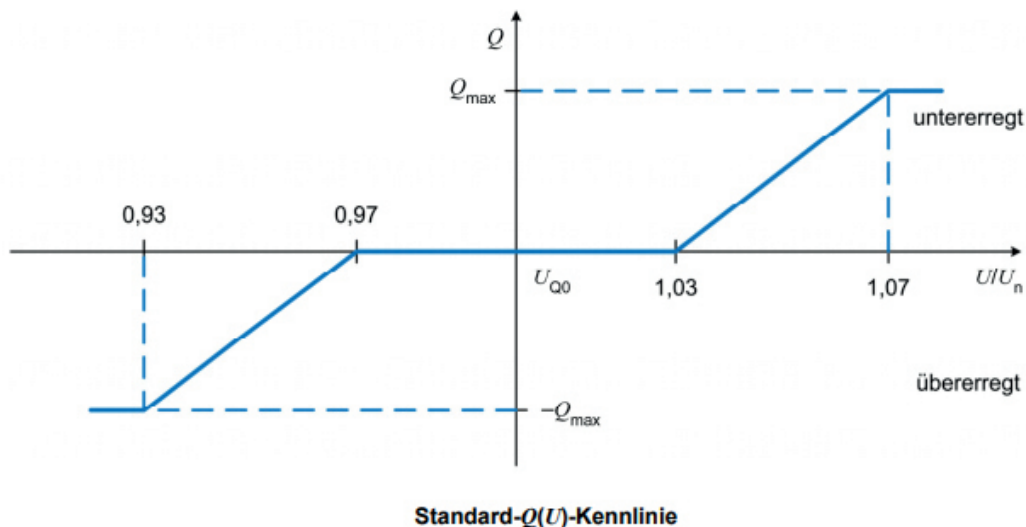


图2: 德国VDE4105标准关于电压无功曲线要求

(1) 电压有功曲线(P-V)

根据有功功率和电网电压的关系,在有功功率上升的过程中检测电网电压的变化,在触发电网过压保护之前减少有功功率的输出,这样可以有效地避免机器因为功率上升导致的过压故障。很多厂商无限制的提高电网电压保护阈值的方法去避免逆变器因功率上升导致的过压问题,我们认为不可取,随着越来越多的逆变器走进千家万户,整个用电系统的安全十分重要,电网电压长时间在高位运行,可能导致线路上的其他设备损坏,甚至烧毁发生火灾。例如澳洲规范AS4777.2标准就要求逆变器在电网电压大于250V的要开始减少有功功率输出,到265V减少到额定功率的20%。电压有功曲线如图1

(2) 电压无功曲线(Q-V)

电网的负载是多样化的,有阻性负载、感性负载和容性负载。为了保障电网电压的稳定,当负载的变化引起电网电压的波动的时候需要逆变器主动发出无功功率去补偿电网。当电网电压低于预期值时需要逆变器根据自身容量主动发生相应的容性无功去支撑电网,当电网电压高于预

期值时需要逆变器根据自身容量主动发生相应的感性无功去拉低电网。例如德国VDE4105标准就要求当电网电压低于0.97倍额定电压时逆变器开始主动发生感性无功,电网电压低于0.93倍额定电压时达到最大容性无功输出(60%额定功率),当电网电压大于1.03倍额定电压时逆变器开始主动发生感性无功,当电网电压大于1.07倍额定电压时达到最大感性无功输出(60%额定功率)。如图2

(3) 功率因数功率曲线($\cos\phi$ -P)

对于一个电网系统而言,逆变器发生的有功功率越多电网的电压会被抬升的越高,逆变器在发生有功的同时还可以发生一定的感性无功去主动衰减因为有功功率增加而带来的电压抬升。这就是 $\cos\phi$ -P曲线,例如巴西NBR 16149标准规定当电网电压大于1.05倍额定电压时光伏逆变器需要进入 $\cos\phi$ -P功能曲线,曲线要求逆变器在功率大于0.5倍额定功率时开始主动调节功率因数。具体要求如图3

(4) 频率有功曲线(F-P)

频率对于电网系统来说是稳定的基石,

重要性不言而喻,当电网系统的频率发生较大波动时说明电网系统已经在崩溃的边缘了,随着新能源并网容量占比越来越多,这种情况会越来越发生,所以主动维护电网系统频率的稳定性的能力已经成为检验逆变器的主要性能参数之一。从原理上来说,电网频率变大逆变器需要主动降低有功功率输出,电网频率降低逆变器需要主动增加有功功率输出。例如欧洲EN-50549标准要求当电网频率大于50.2Hz时逆变器需要降低有功功率输出,电网频率大于51.2Hz的时候逆变器输出有功功率需要降低至降载前的功率的60%。具体要求如图4

尚唯斯作为一家始终致力于为行业提供先进的解决方案的老牌德国逆变器厂商,为了好地应对光伏应用对逆变器的功能和性能的多变的要求,从安全化、智能化、模块化角度出发,开发了全系列各种功能曲线可配置功能模块,包括参数,模式,打开条件等,可以灵活应对多种应用场景,为客户提供最安全最智能最高效的多样化的服务,目前该模块已经适配了几乎所有国家的法规要求。逆变器不仅要客户的收益负责,还有对电网的稳

定性负责，只有两者兼顾才能让能源得到安全高效的利用。

SNEC第十六届(2022)国际太阳能光伏与智慧能源(上海)大会暨展览会将于2022年5月24-26日在上海新国际博览中心隆重举行。在此次展会上，尚唯斯将携全新光储解决方案在上海新国际博览中心N4馆590展位精彩亮相，为客户带来在国内外市场广受好评的并网解决方案单相户用1-11kW和三相工商业6-125kW，以及备受期待的储能解决方案三相户用储能4-12kW、单相交流耦合3-8kW、高压锂电池、智能电表等核心产品，用创新科技展现核心实力，届时期待与您相会！

www.sunways-tech.com

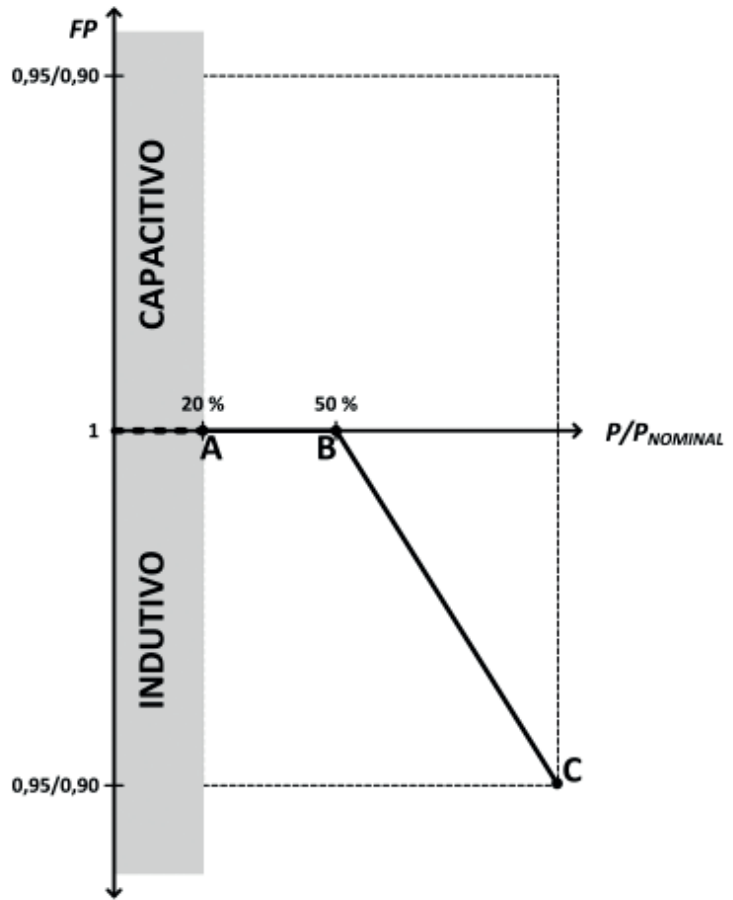


图3: 巴西NBR 16149标准关于功率因数功率曲线要求

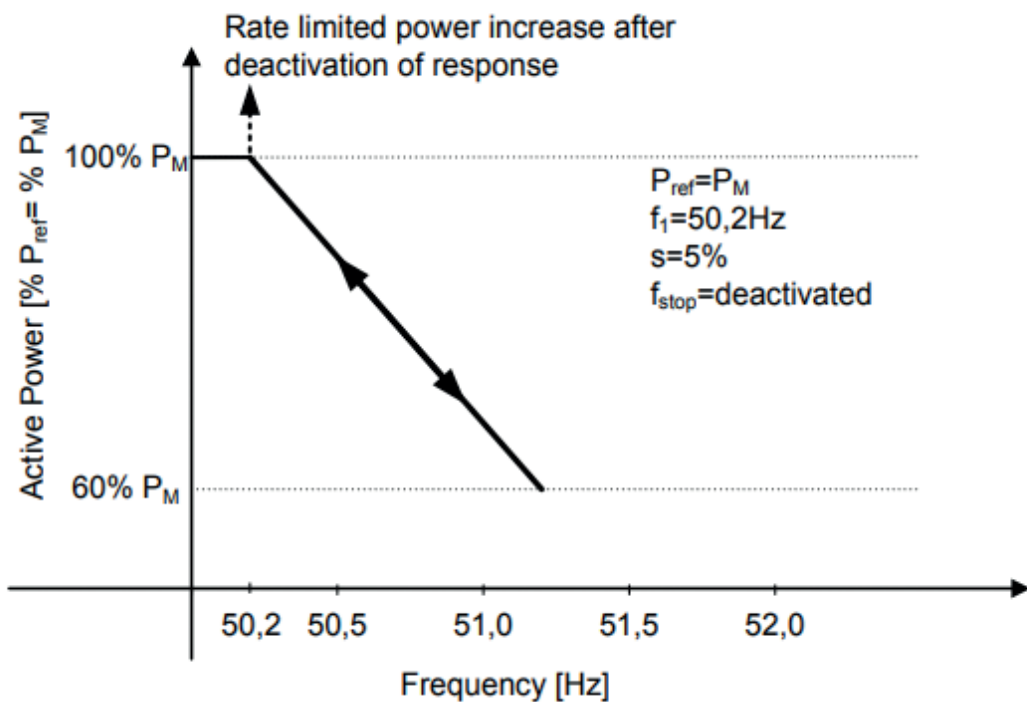


图4: 欧洲EN-50549标准关于频率有功曲线要求