



解决方案概述

再生电源

解决效率、安全和运营成本问题

消费者对电动汽车 (EV) 和混动汽车 (HEV) 的需求不断提高，汽车市场中的车辆电气化程度也在不断提高，这给汽车设计和制造带来了新的挑战。消费者迫切希望获得更长续航里程的汽车，这意味着需要更大容量的电池以及大功率电子设备和充电器。目前已有几款新设计的电动汽车使用了 800 V 电池包和充电器。

在功率相同的情况下，使用电压更高的充电器和电池可以降低所需的电流。电流更小意味着可以使用更细的电缆，这有助于降低车辆重量。对于汽车制造商而言，他们需要安全可靠的硬件来测试他们的大功率、高电压电子设备。

为了满足行业需求，是德科技开发了再生双象限电源。Keysight RP7900 系列再生电源可以供给和吸收高达 20 kW 的功率，同时单个电源便能输出高达 2000 V 的电压。在测试储能系统时，能够在供给电流和吸收电流之间进行切换是一项基本要求。

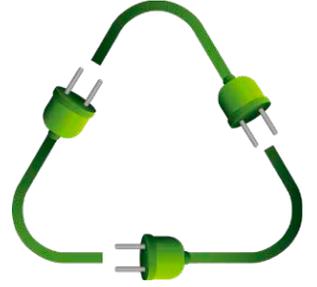
RP7900 系列使您能够无缝完成这一切换。在吸收功率时，再生电源可将电能回收到电网，避免像典型的电子负载或功耗器件那样产生热量。此外，该系列还有一个关键优势——功率密度更高，每个 20 kW 电源仅占用三个机架单元的空间。



挑战

在预算方面，设备的总体拥有成本以及运营、校准和维护成本将占据大头。设备的运营成本通常会超过自身的售价。例如，传统的功耗器件会在测试机架中产生过多热量，进行散热需要付出额外成本。由于热量过大会导致测量误差，因此散热是不容忽视的一项要求。如果功率较大，将热量排放到实验室中肯定不行，因为这将给工作区带来大量噪声，并且热得令人无法忍受。

与定制解决方案相比，现在有一款现成的解决方案可为您提供出色的校准和维护选择。例如，是德科技的全球服务网络可以轻松复制我们的解决方案，为您在各个地方安装的设备提供维护。我们在很多地区都可提供现场校准服务，另外还可通过全球服务中心提供校准和维修。



再生电源的工作原理

传统的电源只能输出正电压和正电流，如图 1 中的象限 1 所示。同样，传统的功耗器件或电子负载只接受正电压或负电流，或图 1 中的象限 2 所示。而再生电源则可以同时在两个象限内工作。在象限 1 中运行时，电源从三相电网连接中获取电力，然后在象限 2 中工作时，通过同一个三相连接返回电力。

RP7900 再生电源使您能够在象限 1 和象限 2 之间无缝切换工作，并且在象限 2 中工作时，可以高效地将 90% 以上的电力返回到交流电网。

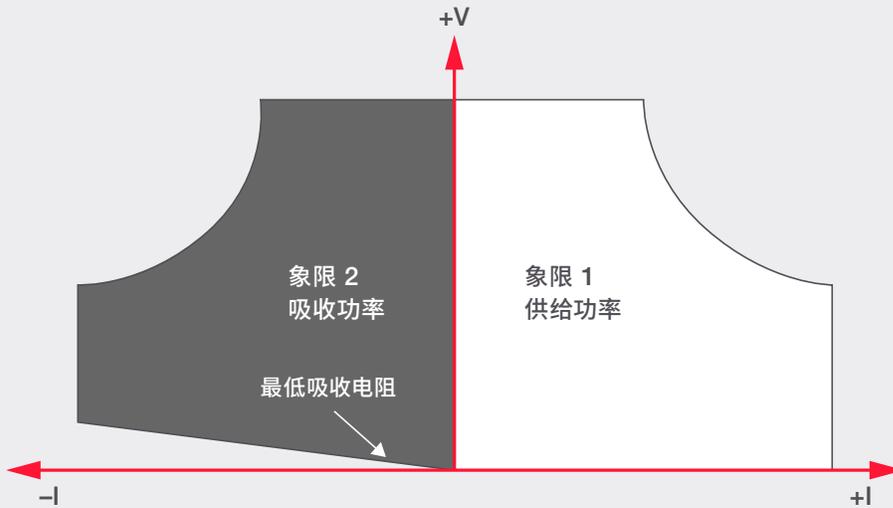


图 1. 在象限 1 和象限 2 中工作的再生电源

传统的电源以及功耗器件体积更大。功耗器件使用一系列 FET 开关和电阻器将电流转换为热能。风扇给 FET 和电阻器散热，让它们保持在正常的工作温度范围内。虽然功耗器件在功率较小时表现良好，但是要耗散高达 20 kW 的功率时，它们的体积会变得非常庞大。是德科技的先进功耗器件每千瓦仅占用一个机架单元 (1.75 英寸高) 的机架空间。

优势

将电能回收到电网的能力可提供四个关键优势：

- 只需要一台仪器来管理电力的供给和吸收。
- 将产生的热量减少 90%。
- 无需使用功耗器件，节省 85% 的机架空间
- 降低或消除了额外的散热需求。

RP7900 系列在降低运营成本的同时，还能够创造一个温度更适宜、噪声更低的工作环境。

如何执行双向电力传输

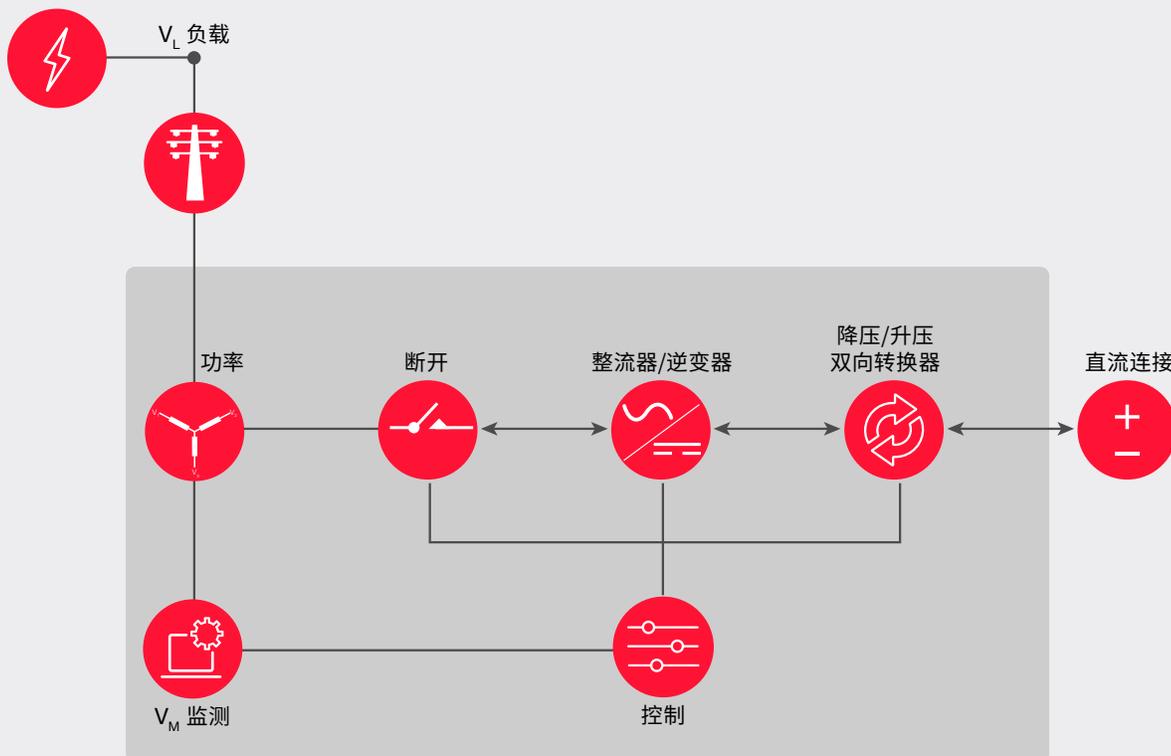


图 2. 再生电源概况介绍

监测和断路

图 1 显示了再生电源如何持续地监测交流连接，保障安全工作。如果交流连接出现故障或断电，再生电源将会断开该连接。这样就可以确保再生电源不会将电能返回到建筑物内的线路或电网中，避免本该断电的电线带电。断开电源可保证电工安全作业。

当交流连接一切正常时，监测电路可确定施加到电源的相位和电压。控制器会让电源与交流输入保持同步。在再生模式下，再生电源会将具有正确相位和电压的电力输送回电网。电源连接处的较高电压 V_m 将驱使电流流向负载处的较低电压 V_L 。

不过，计算错误和稍高的电压可能会导致大量电流流向电网。为了避免电压不匹配，电源从电压源切换为电流源。增大向电网输送的电流可让电网保持一个高度稳定的电压。值得一提的是，交流电源或不间断电源无法为再生电源供电，因为它们都只能供给电能而没有负载吸收电能。

整流器和逆变器

图 3 中是一个简单的三相整流器，它可以将交流电转换为直流电。每一相的正电流通过二极管流向直流导轨正极，负电流通过二极管流向导轨负极。图 3 中的整流器是一个六极整流器，它能捕获每个相的三个正周期和三个负周期。

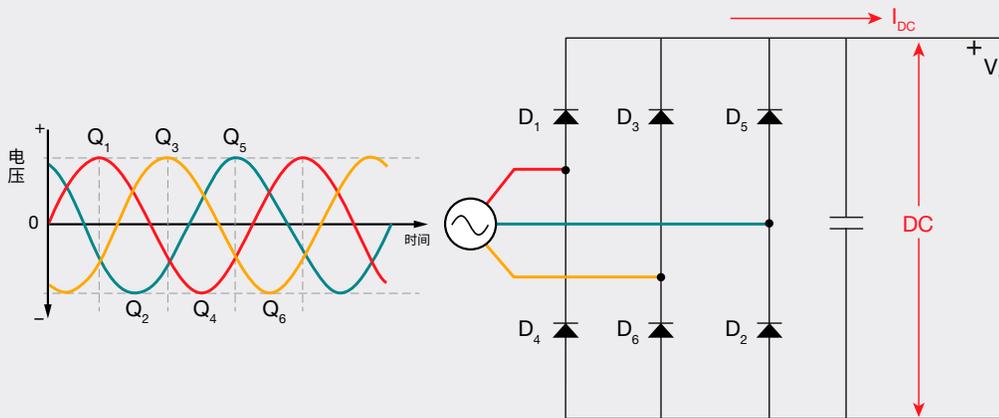


图 3. 将三相交流电转换为直流电的六极整流器

在图 4 中，每极增加一个开关，便可使用同一电路将直流电转换为三相交流电。控制器会按照精确时间激活每个开关，以便将直流电流加入到这六个周期中的每个周期，形成三相交流波形。

图 4 提供了一个双向整流器/逆变器的简单示例。RP7900 系列使用了更精密的电路来生成正弦电流波形，干净地将电力返回交流电网。在整个的电力再生期间，再生电力的总谐波失真 (THD) 通常小于 2%。

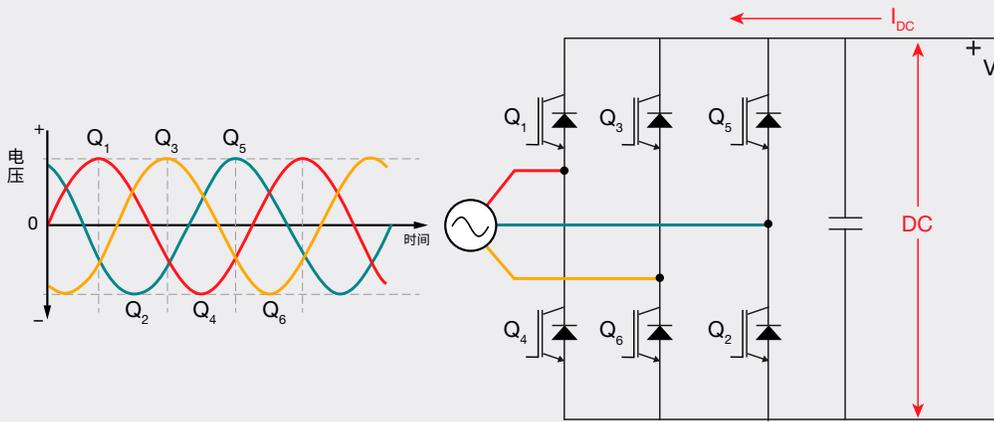


图 4. 将直流电转换为三相交流电的双向整流器和逆变器

双向降压—升压转换器

图 5 是一个降压转换器示例，它将直流输入电压 V_{in} 降至更低的直流输出电压 V_{out} 。变压器高效地将这个交流电压降至更低的交流电压。H 桥电路由四个晶体管 (Q1、Q2、Q3 和 Q4) 组成，它可将 V_{in} 转换为交流电压。

Q1 和 Q3 这对晶体管形成交流波形的正周期，而 Q2 和 Q4 形成交流波形的负周期。在变压器的另一侧，整流器将较低的交流电压转换回直流电压。变压器的交流电压流经全桥整流器——二极管 5 (D5) 和二极管 6 (D6)——后转换为直流电压 V_{out} 。

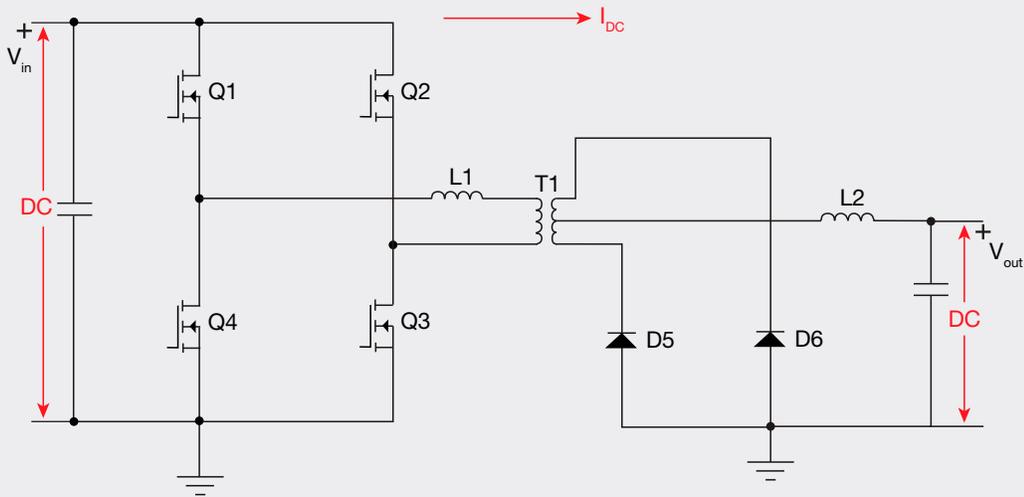


图 5. 降压转换器降低直流输入电压 V_{in}

图 6 是升压转换器的原理图，输入电压 V_{in} 在右侧。这个变压器可将输入电压 V_{in} 升至更高的输出电压 V_{out} 。Q5 和 Q6 这对晶体管为变压器生成交流电压。晶体管 Q6 生成正交流周期，而 Q5 生成负周期。全桥整流器二极管 D1 至 D4 将变压器的输出转换为直流电压 V_{out} 。

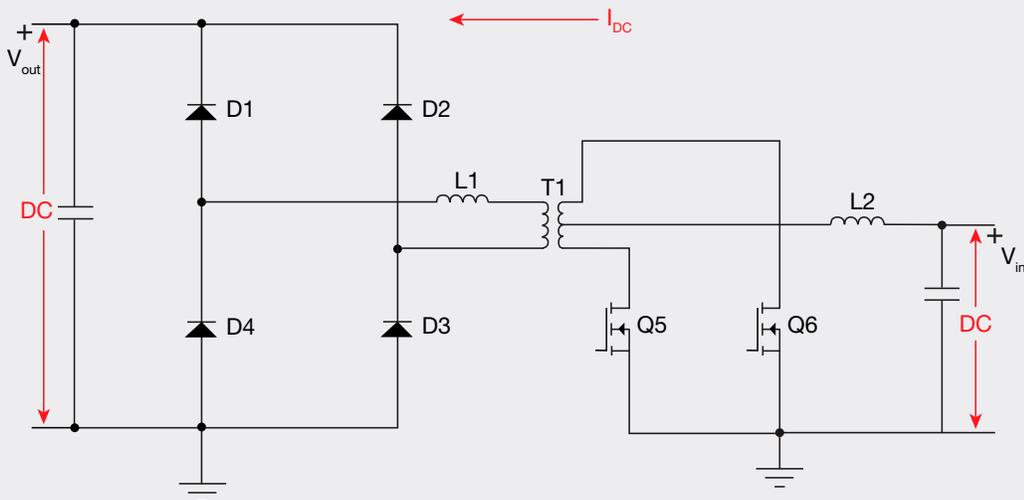


图 6. 升压转换器提高直流输入电压 V_{in}

我们将图 5 中的降压转换器与图 6 中的升压转换器重叠，便构成了图 7 中的双向转换器。这些晶体管可控制电流的流动并为变压器产生交流波形。

断开晶体管 Q5 和 Q6，转换器就变成了降压转换器。断开晶体管 Q1 至 Q4，转换器就变成了升压转换器。现在将这两个转换器的拓扑结构相结合，可让电流沿任何一个方向流动。

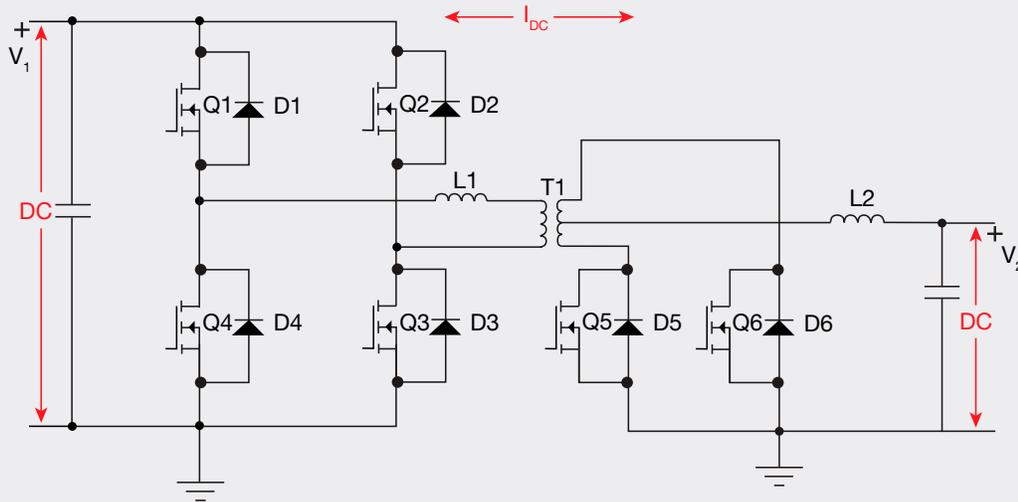
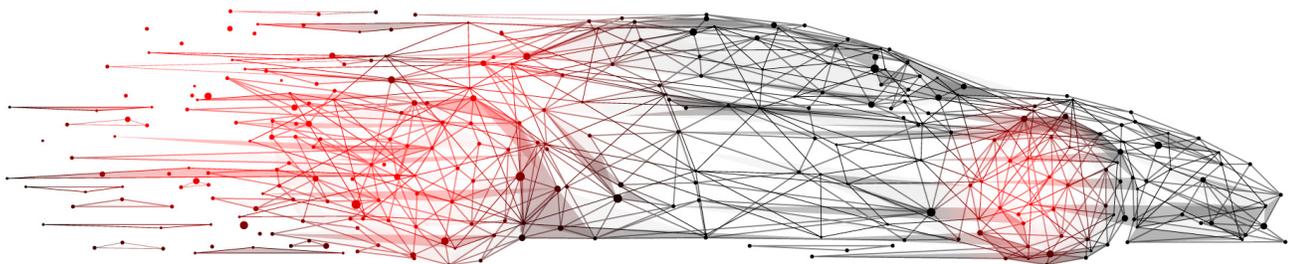


图 7. 双向直流至直流转换器使电流可以双向流动

再生操作

向电源施加负电流将可实现再生操作。例如，在测试 500 V 电源时，将负恒流设为 -4 A，便可通过双向转换器送回 2000 W 的直流电。内部转换器电压 V_1 (图 3 和图 4) 将开始上升，导致电流通过整流器/逆变器返回。这个 2000 W 中的大部分将返回电网，使 V_1 恢复到稳态条件。



将电力安全地送回电网

监测电路需要不断确认电源已与电网连接，并且交流电压正常。如果电网电压下降，则再生电源将认为电网故障，从而停止将电能送回电网。此处的主要问题是，反馈电能可能会对正在维修故障的电工造成电击。

这个监测电路还有另一个安全功能，可在电源和其他电气设备共享分支电路时用于检测故障。将一个电力实验室里面的电路系统分成几个分支电路之后，可以使用一个专用断路器来打开和关闭一组设备。在我们的示例中，分支电路可为包含再生电源和其他电气设备的设备机架供电。此外，该断路器设置为断开，以切断分支电路的电源。在正常情况下，任何再生电力都不足以机架分支电路上的其他设备供电。断路器断开将导致分支电路出现电压下降，而监测电路将把此视为故障。

同样，如果再生电力大于消耗电力，电压就会升高，监测电路也将其视为检测到故障。那么，如果再生电力恰好可以精确地为机架分支电路上的其他设备供电，结果会怎么样呢？在这种情况下，电压将保持恒定。此时监测电路还可以测量再生电力的频率，并且可以在未连接到电网时根据频率漂移检测故障。



总结

RP7900 系列再生电源在充当负载时，可将超过 90% 的电能回收到电网。这些返回的电能是纯净的，总谐波失真小于 2%。通过对交流电源进行持续监测，可以安全地将电能送回电网。

在处理大功率方面，再生电源与传统的电子负载或功耗器件相比拥有以下几项优势：

- 节省高达 85% 的机架空间，并为您提供 20 kW 的完整负载。
- 将产生的热量减少 90%，显著降低散热成本。
- 仅需一台仪器便可同时充当电源和负载。
- 通过将多余的电能回收到电网，节省大量能量。

RP7900 系列有 18 种不同型号，无论您的输出电压和电流需求是什么，总有一款适合您。这些电源可提供高达 2,000 V 的电压或 800 A 的电流。电源可使用主/从方式并联，从而输出更大功率。

如欲了解更多信息，请访问: www.keysight.com

如需了解关于是德科技产品、应用和服务的更多信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问: www.keysight.com/find/contactus

