



新能源与环保技术

NEWENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY

国家级职业教育教师教学创新团队共同体

风力发电工程技术专业

课程拓展资源

湖南电气职业技术学院



在内蒙、甘肃、河北、吉林、新疆、江苏、山东等省区建设大型风电基地



基本知识风力发电机 (4)

制作单位：湖南电气职业技术学院

制作时间：2022年9月

目录 Contents



PART 01

风力机基础知识



PART 02

风的测量



PART 03

风力机的原理与组成



PART 04

叶片的气动特性



PART 05

风轮实度



PART 06

机舱设备与塔架



PART 07

风力机对风装置



PART 08

风力机调速方式



PART 09

独立变桨距系统



PART 10

齿形带传动变桨



目录 Contents



PART 11

[统一变桨驱动机构-1](#)



PART 12

[统一变桨驱动机构-2](#)



PART 13

[直驱式风力发电机](#)



PART 14

[双馈风力发电机组](#)



PART 15

[扩散放大器风力机](#)



PART 16

[高空风筝风力发电机](#)



PART 17

[圆柱齿轮增速箱](#)



PART 18

[行星齿轮增速箱](#)



PART 19

[风力发电机的轴承](#)



PART 20

[水平轴风力机图片](#)



14

双馈风力发电机组 工作原理

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

风力发电机采用[变速运行](#)可使风力机最大限度的吸收**风能**，提高风力机运行效率，大容量的**变速恒频**风力发电系统是风力发电技术的主流方向，采用**双馈异步发电机**的变速恒频风力发电机组仍是目前的主流机型，在发电机构造栏目“[双馈风力发电机构造](#)”一节用一个双馈风力发电机的模型对基本构造作了介绍，图1是该双馈风力发电机模型的图片。

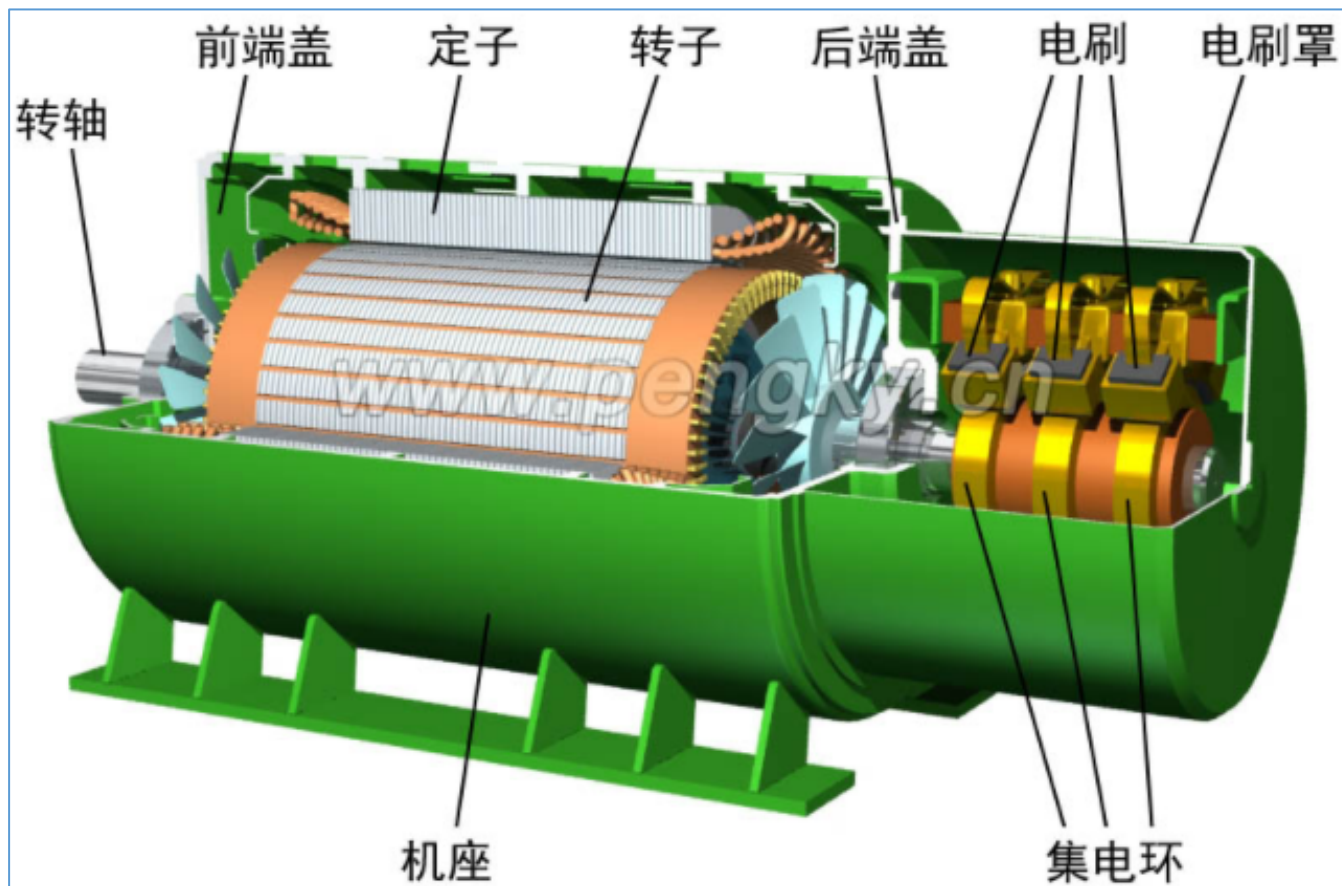


图1--双馈异步发电机剖视图

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

本节仅对双馈风力发电机是如何实现变速恒频的原理做简单介绍。

风速是不稳定的，风力机的风轮转速是在不停的波动中，经过增速箱增速的发电机转子转速跟随不断变化，采用普通交流发电机发出电的频率也是不断变化的。

要想交流发电机输出频率稳定的电压，就必须保持转子转速稳定，也就是保证发电机内**旋转磁场**转速的稳定。交流同步发电机转子产生的磁场相对转子是不变的，发电机转速变，输出电压的频率跟着变。如果转子产生的磁场相对转子可以旋转变，也就是说转子转速变化不影响旋转磁场的转速，就可以解决这个问题。

举个例子，对于单极发电机输出电压频率为50Hz时，其内部旋转磁场的转速是50转/秒，如果转子也是50转/秒，则旋转磁场相对转子是静止的；当转子转速变为30转/秒时，让转子产生20转/秒的旋转磁场，两者转速加起来就能产生50转/秒的旋转磁场，就能发出50Hz的交流电；当转子转速变为60转/秒时，让转子产生10转/秒的反方向旋转磁场，两者转速加起来也能产生50转/秒的旋转磁场，就能发出50Hz的交流电来。

双馈异步发电机的转子绕有**三相绕组**，向转子绕组输入三相交流电就可以使转子产生相对转子的旋转磁场，就能完成上述的功能。

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

图2是演示双馈异步发电机的**转子与定子**与旋转磁场的动画截图，是一个单极发电机示意图，左图是转子与转子产生的磁场，磁场用两根紫色的磁力线表示，在动画中演示磁场相对转子的旋转（转子本身不旋转）；右边图是把该转子放入定子内，演示带旋转磁场的转子如何保证该磁场相对定子的转速是不变的。

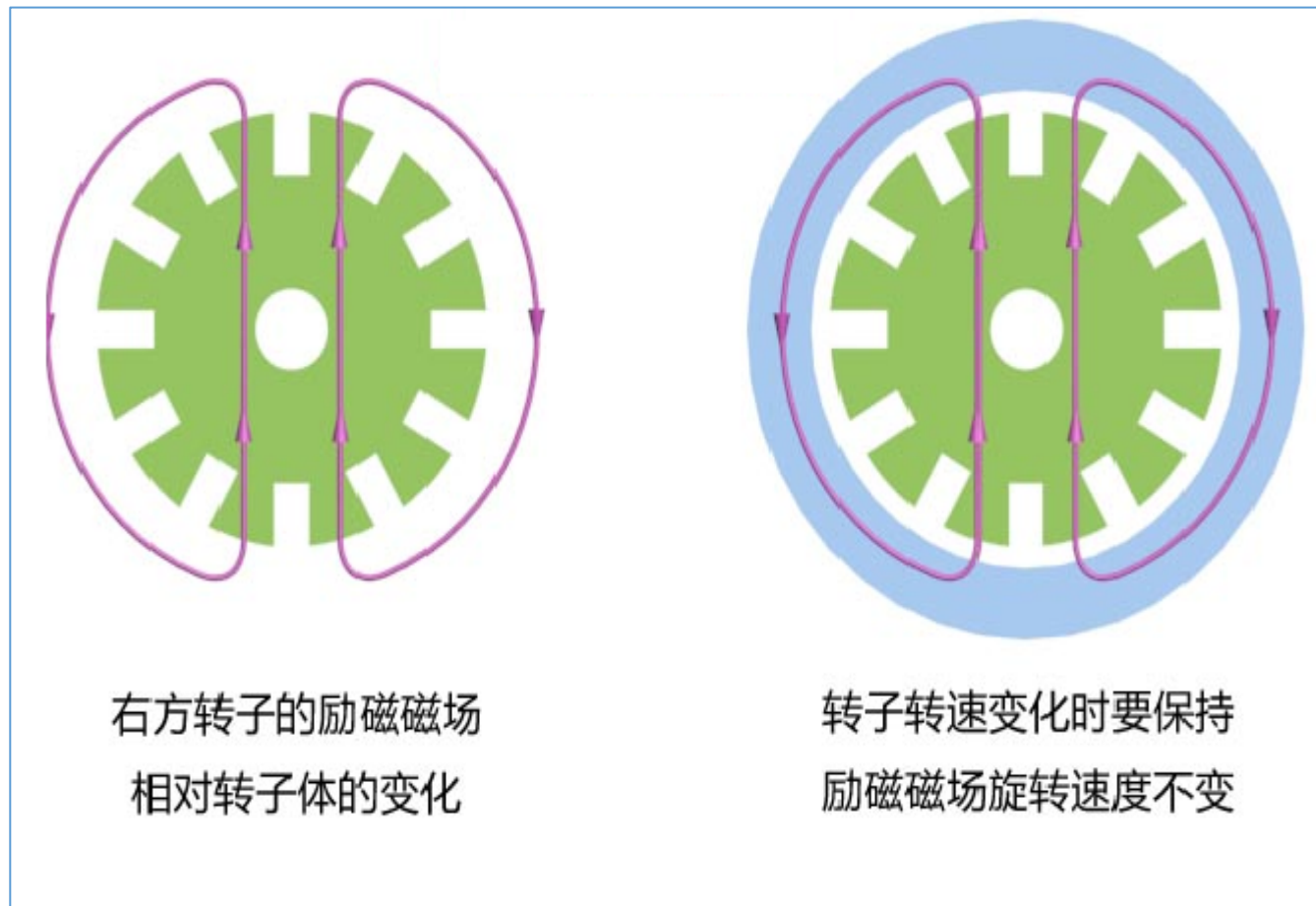


图2--双馈异步发电机的旋转磁场

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

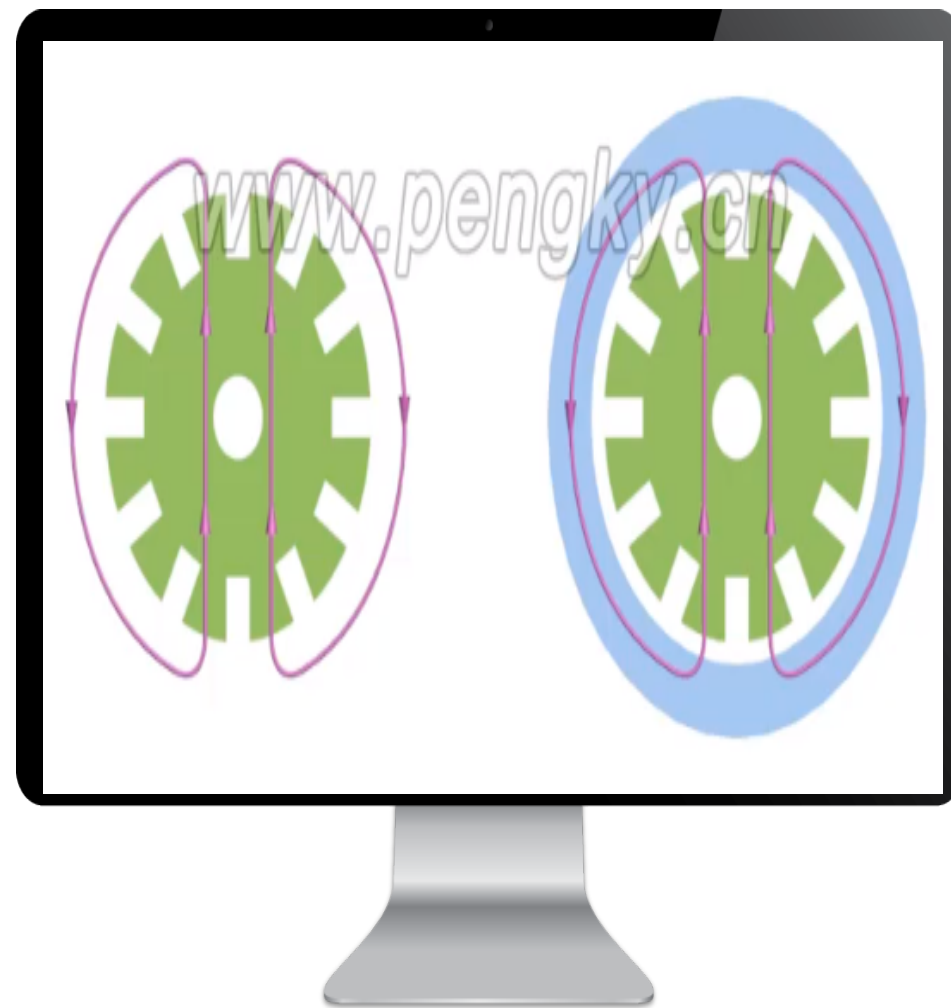
演示动画的说明:

为了发出50Hz的交流电, 发电机内部旋转磁场的转速必须是50转/秒。

当转子是50转/秒, 则旋转磁场相对转子是静止的, 左边动画是静止的, 右边动画转子与磁力线同步旋转, 此种运行状态为**同步速运行**。

当转子转速降低为30转/秒时, 让转子产生20转/秒的旋转磁场, 右边动画中的磁场按20转/秒旋转, 在左边动画中转子转速为30转/秒, 合成磁场转速是50转/秒, 此种运行状态为**亚同步速运行**。

当转子转速升为70转/秒时, 让转子产生20转/秒的反方向旋转磁场, 右边动画中的磁场按反方向20转/秒旋转, 在左边动画中转子转速为70转/秒, 合成磁场转速是50转/秒, 此种运行状态为**超同步速运行**。



双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

双馈风力发电机组主要由风轮、增速箱、双馈异步发电机、交-直-交变频器、变压器、电力开关等组成，之间连接见图3。风轮经过增速后带动发电机，发电机定子绕组线端是发电机电力输出端，通过开关箱连接到交流电网；发电机转子绕组通过集电环连接到交-直-交变频器，变频器另一端连接变压器，变压器另一端通过开关箱连接到交流电网，交-直-交变频器的主要功能在本节后面有说明。

这样组成的系统，可在发电机转速低于同步转速40%与高于同步转速15%内正常运行。

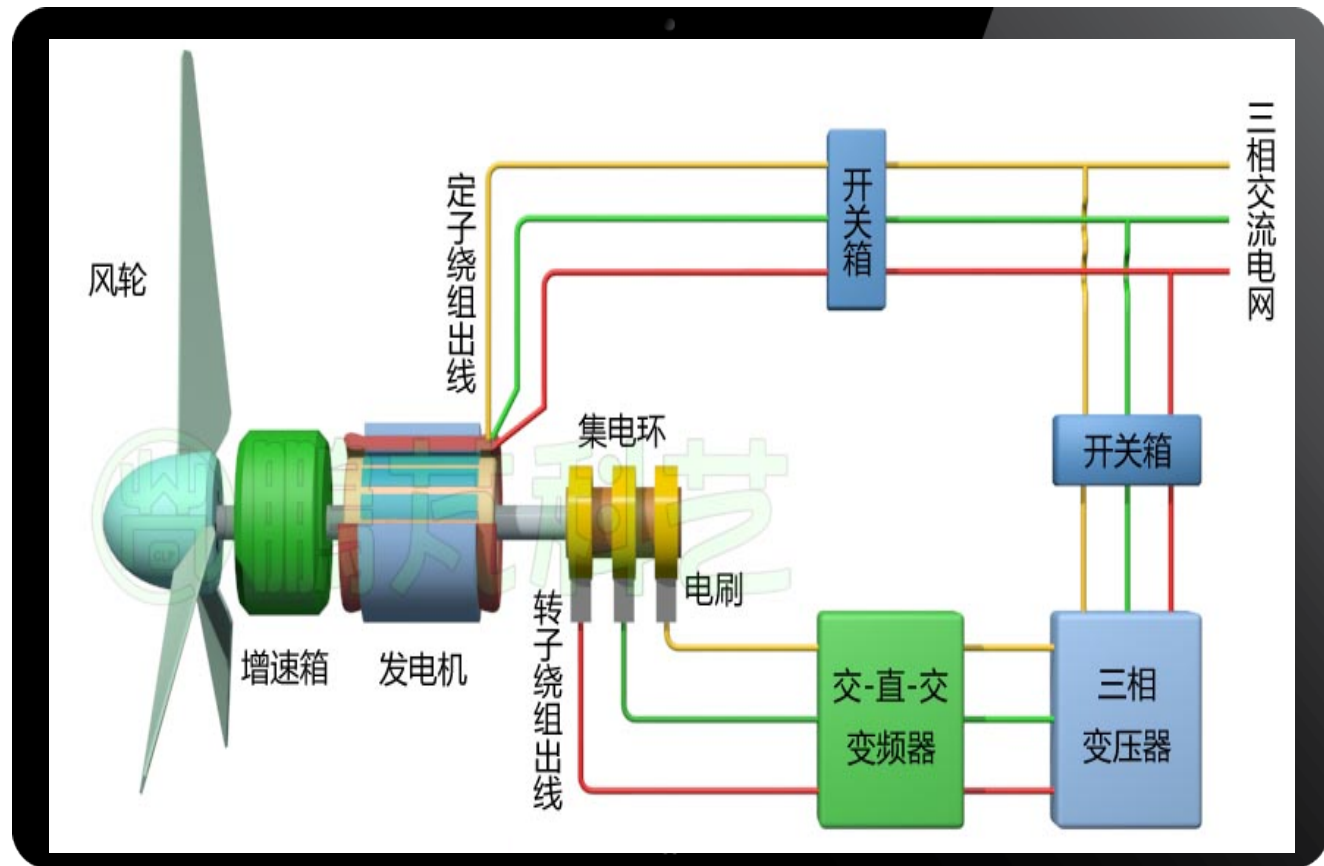


图3--双馈风力发电机组的组成

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

在发电机转子处于亚同步运行时，如转速为30转/秒时，低于同步转速20转/秒，电网通过交-直-交变频器向发电机转子绕组输入20Hz的交流电，产生相对转子20转/秒的旋转磁场，该旋转磁场与转子共同产生50转/秒的合成磁场，使定子绕组发出50 Hz的交流电，电功率流向见图4。

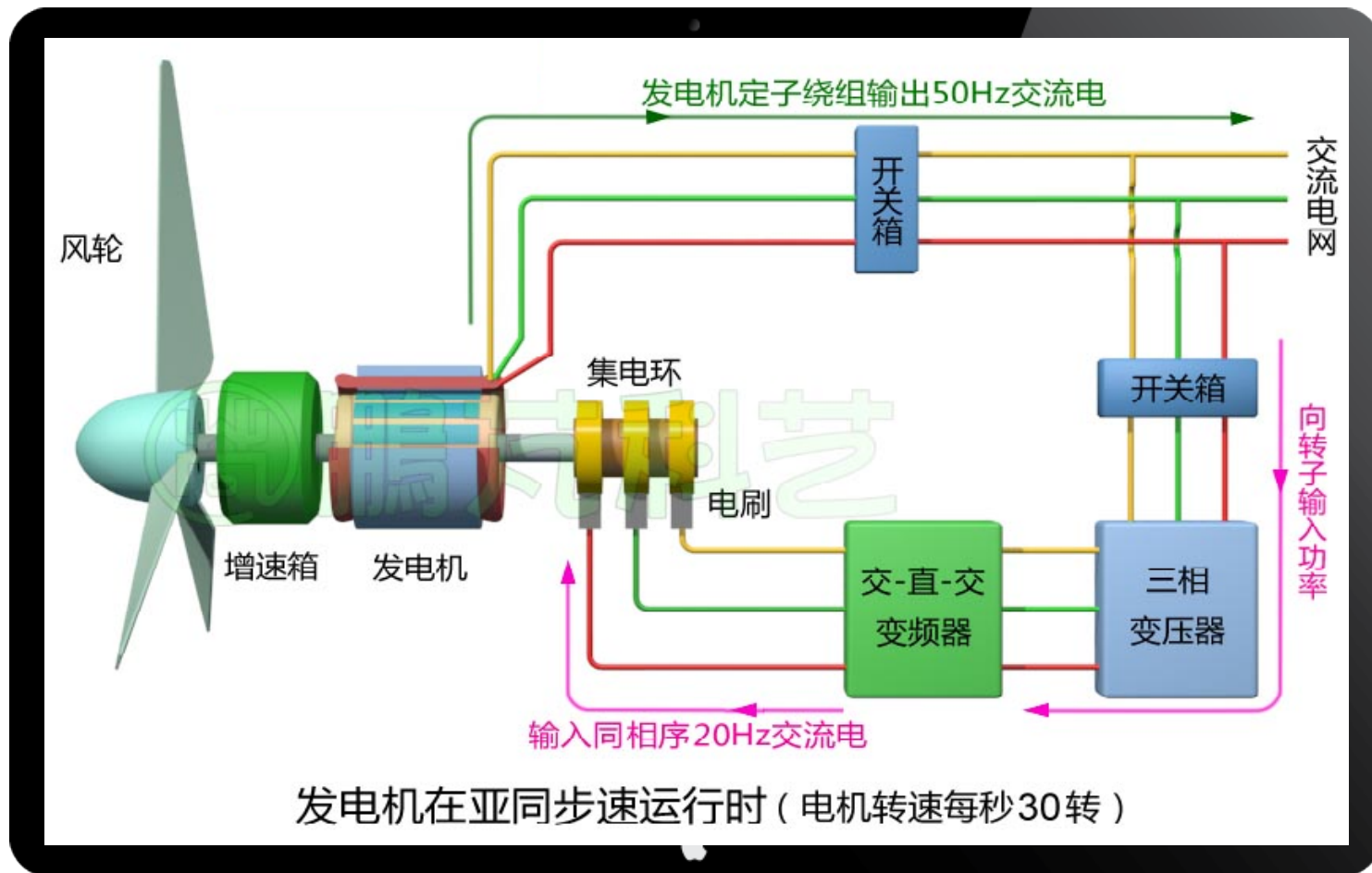


图4--双馈风力发电机组亚同步运行转子功率流向

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

在发电机转子处于同步运行时，转速为50转/秒，电网通过交-直-交变频器向发电机转子绕组输入直流电，产生相对转子固定的磁场，使定子绕组发出50 Hz的交流电，电功率流向见图5。

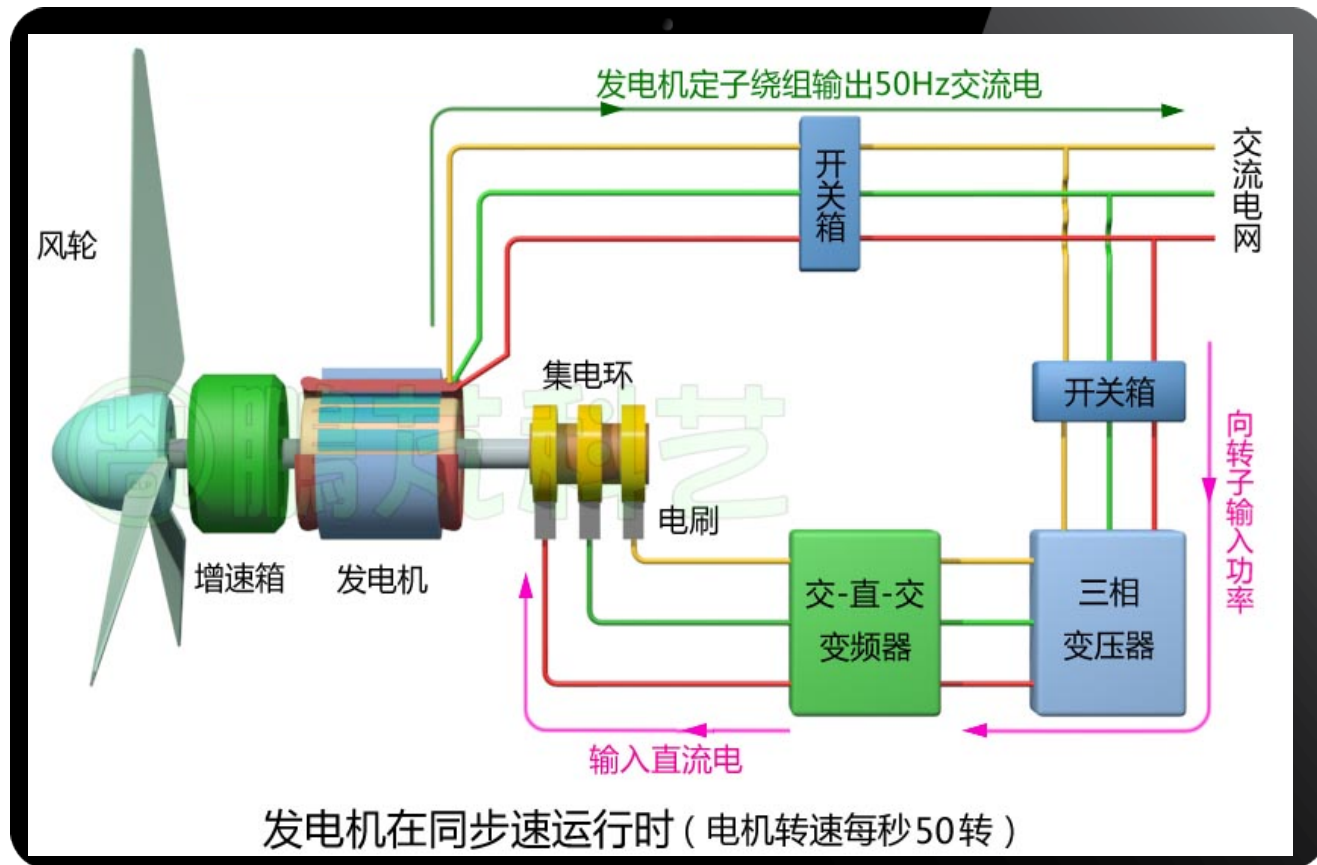


图5--双馈风力发电机组同步运行转子功率流向

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

在发电机转子处于超同步运行时，如转速为60转/秒时，高于同步转速10转/秒，发电机转子绕组感生出反相序的10Hz交流电，交-直-交变频器把10Hz的反相序交流电转换为50Hz的交流电，通过变压器送往电网。由于转子绕组感生的10Hz的交流电是与定子绕组产生的交流电反相，使转子产生相对转子10转/秒的反向旋转磁场，该旋转磁场与转子共同产生50转/秒的合成磁场，使定子绕组发出50 Hz的交流电，电功率流向见图6。

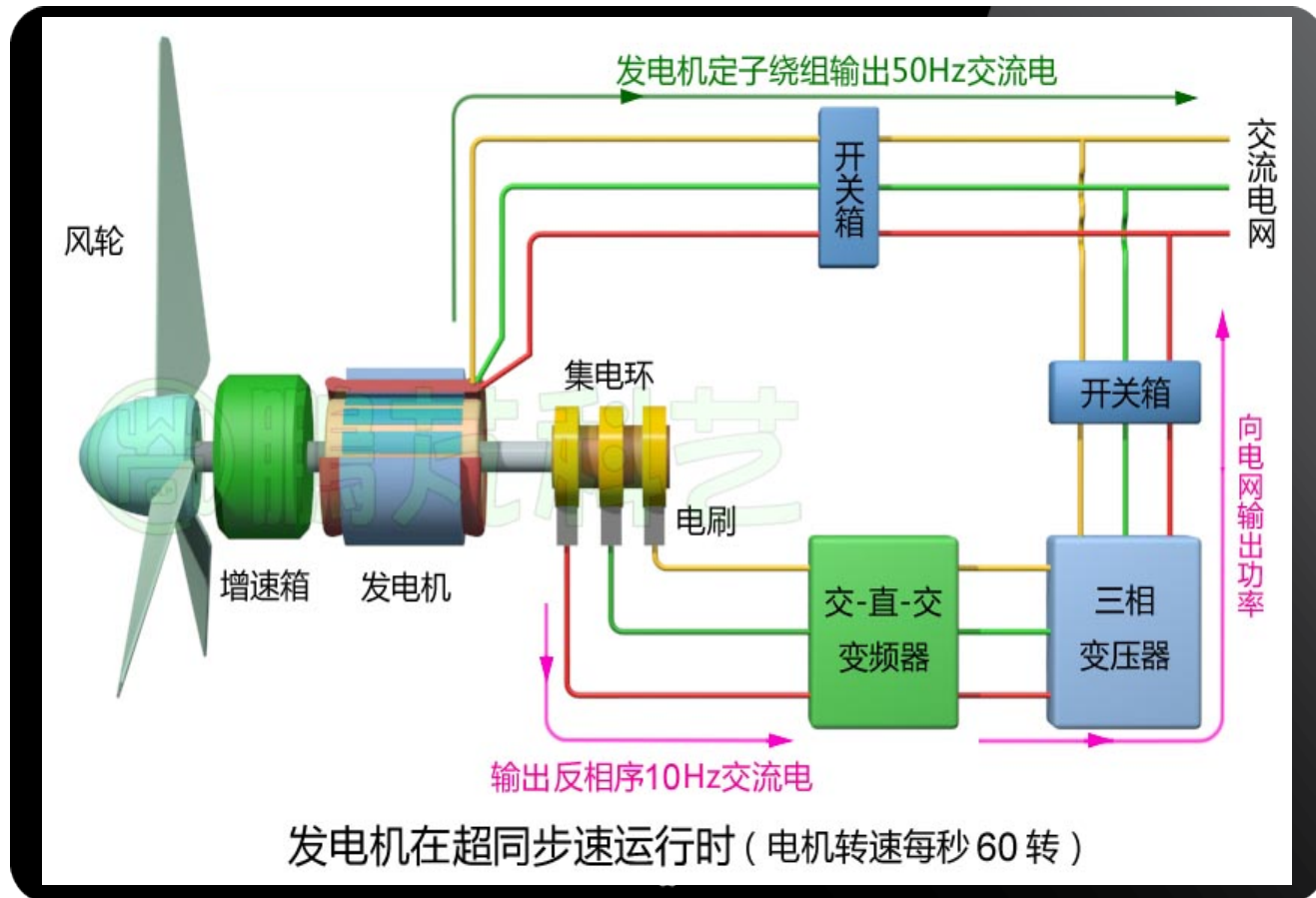
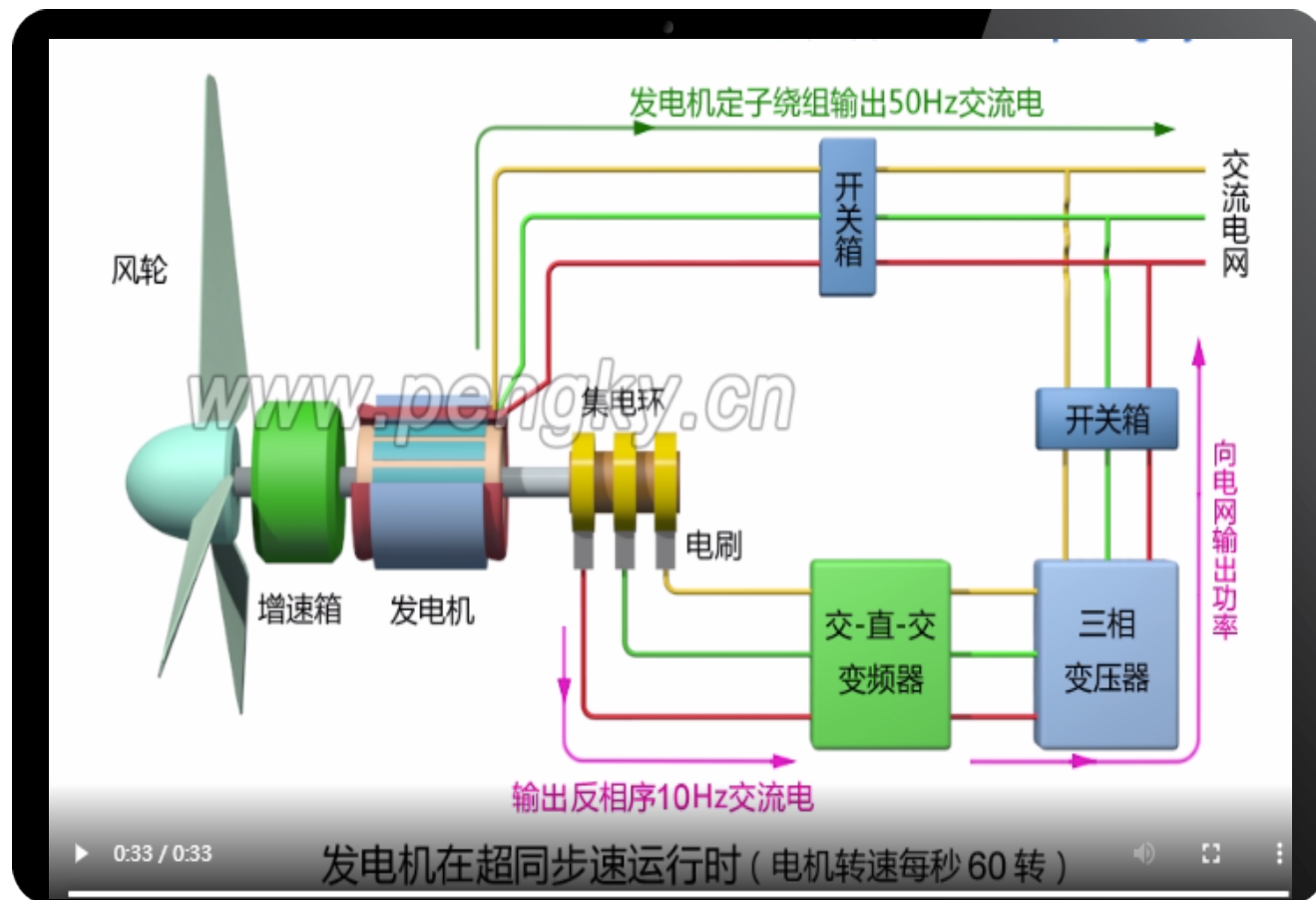


图6--双馈风力发电机组超同步运行转子功率流向

双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

请看由以上图片制作的双馈风力发电机组运行动画，为了清楚演示动画中电机转速的变化，动画对转速变化作了夸大。

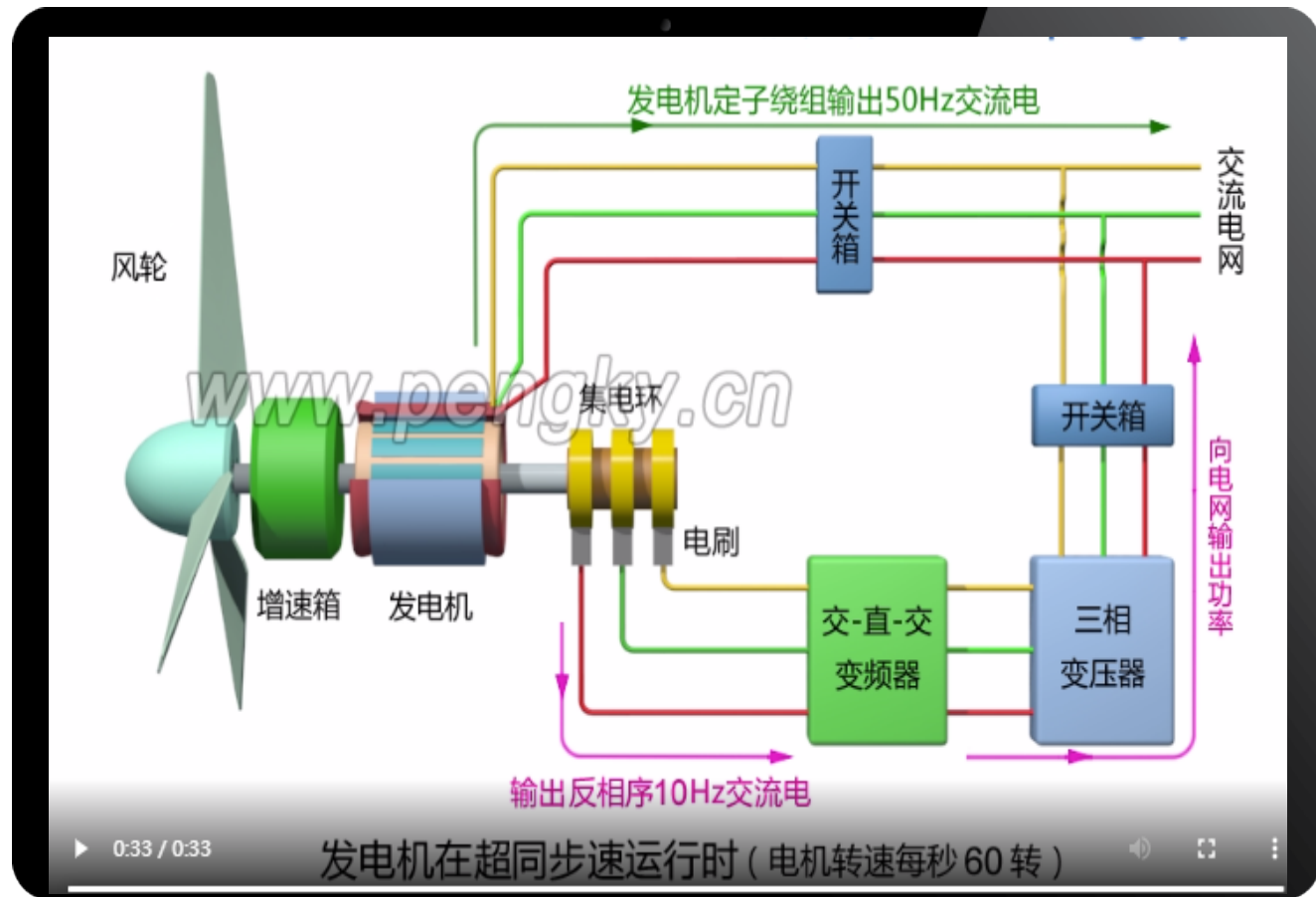


双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

交-直-交变频器是一种变频器设备，采用两个**PWM逆变电路**背靠背组成，称为双向PWM逆变电路或双向变换器，接向电机集电环端的逆变电路称为机侧变换器，接向电网方的逆变电路称为网侧变换器。在双向变换器一侧输入交流电在另一侧可转换出不同频率、不同电压、不同相位的交流电；反方向也是一样。

大功率交-直-交变频器的价格非常昂贵，在双馈风力发电机组中的交-直-交变频器仅向转子绕组提供励磁电源，功率为发电机的25%已够用，相对**全功率变频器**价格便宜多了，这也是双馈风力发电机组的主要优点之一。



双馈风力发电机组工作原理 (Principle of the Doubly-Feed Wind Induction Generating)

概述

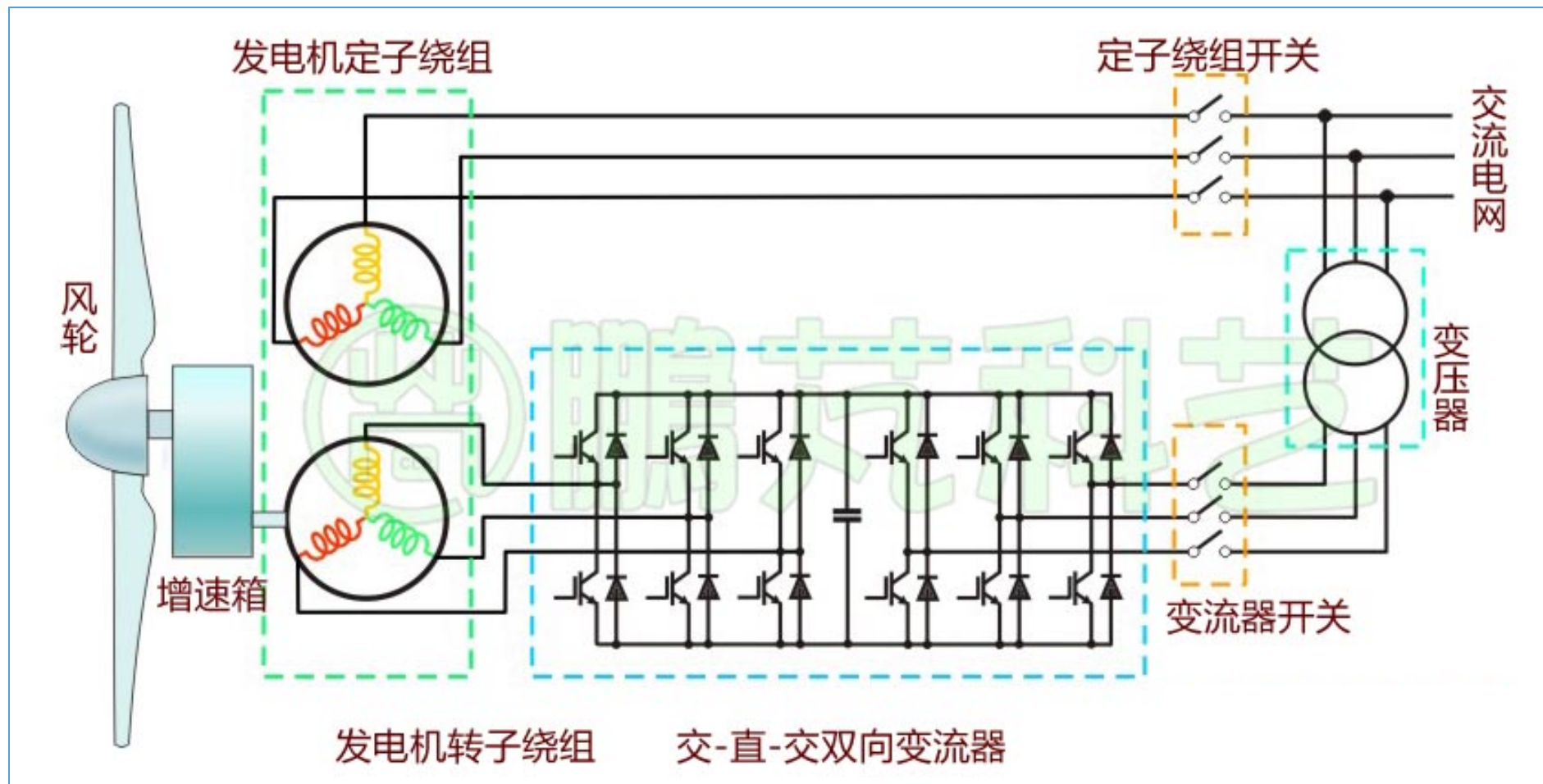


图7--双馈风力发电机组主电路示意图



本课程结束

制作单位：湖南电气职业技术学院