



Your True Partner for
CAE × CFD
ICSC2016

IDAJ CAE
Solution
Conference

基于Jmag的电机绕线故障案例分析

中国第一汽车股份有限公司技术中心

演讲人:杨静参



1

Jmag 绕组建模介绍

2

某样机定位力矩故障及故障类型分析

3

某样机空载电势故障及故障类型分析

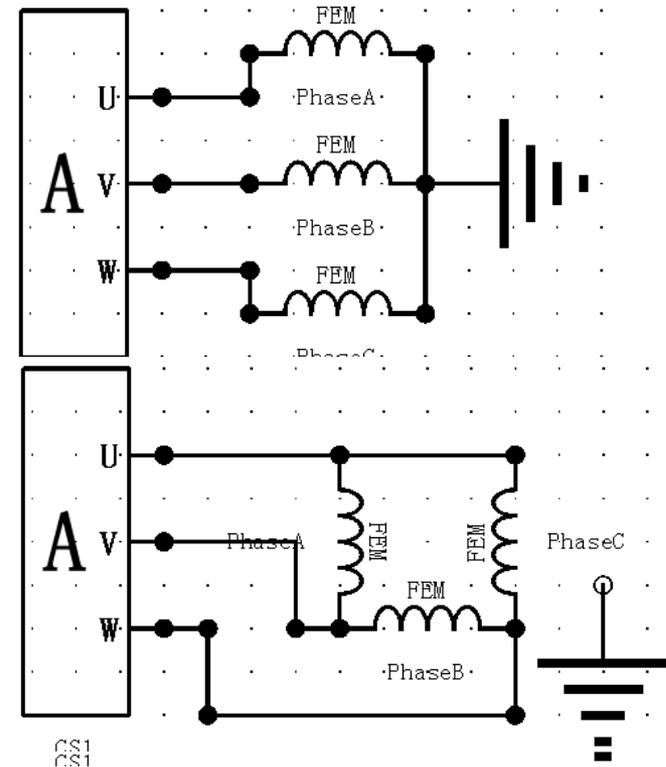
4

定子故障线圈检测

1、Jmag绕组建模功能介绍

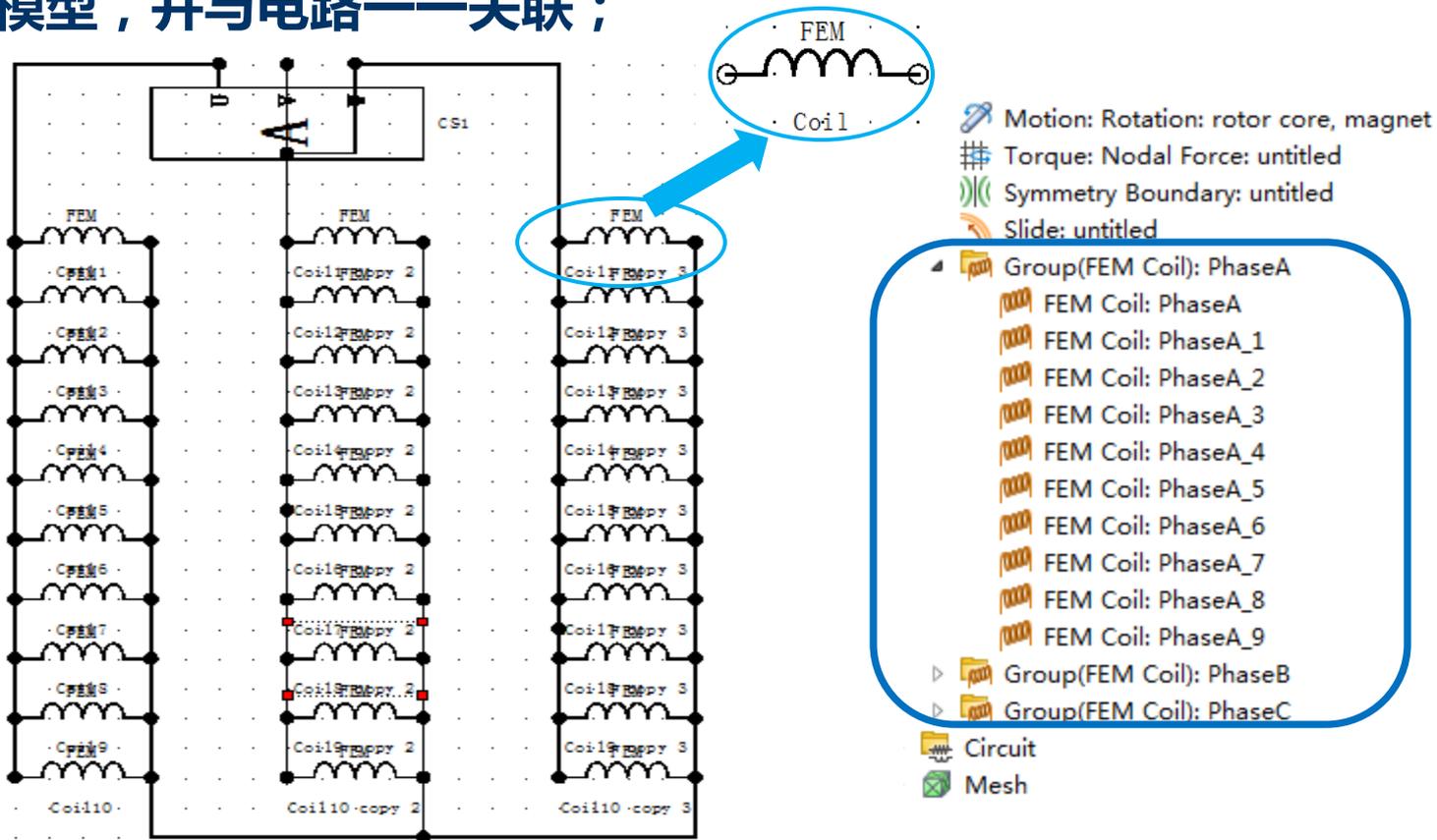
- 相比于其他电磁CAE软件，Jmag Designer中三相绕组建模方式是多样化——既可以建立绕组集中参数模型、也可以建立全线圈模型，也可以建立导体模型；

-  Motion: Rotation: rotation
-  Torque: Nodal Force: Rotor
-  Rotation Periodic Boundary: untitled ;
-  FEM Coil: PhaseA
-  FEM Coil: PhaseB
-  FEM Coil: PhaseC
-  Force: Nodal Force: Force stator
-  Partial Model: untitled 3
-  Iron Loss Calculation: untitled 4
-  Symmetry Boundary: untitled
-  Slide: untitled



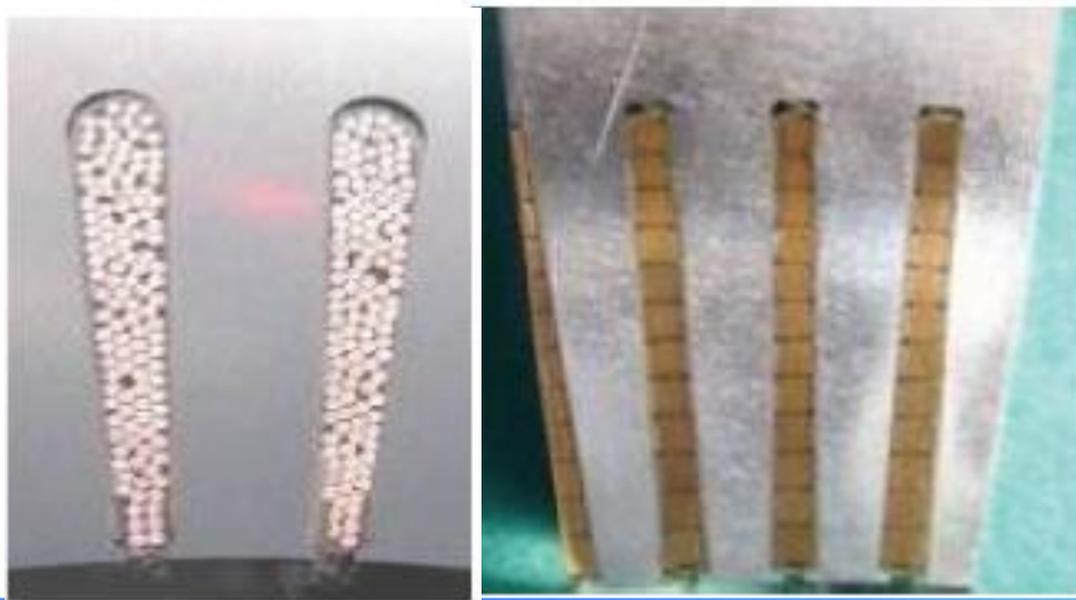
Jmag绕组建模功能

- 针对多线圈串并联的电机，如需要分析单个线圈的特性，可建立全绕组模型，并与电路一一关联；



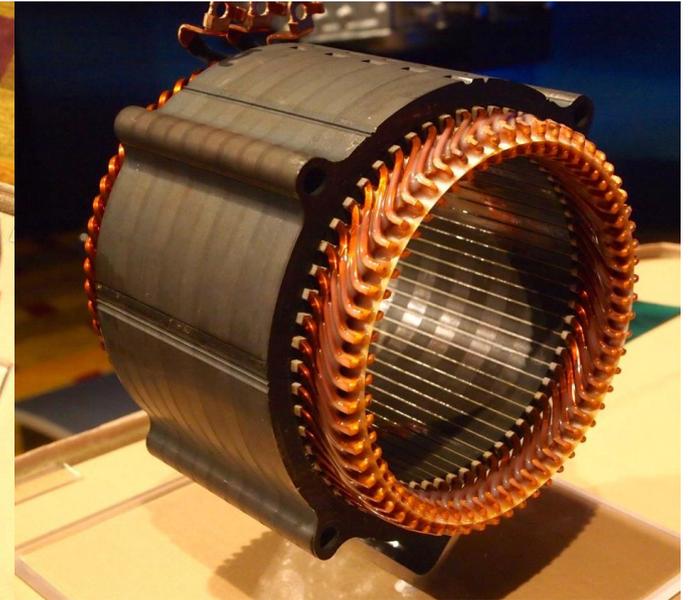
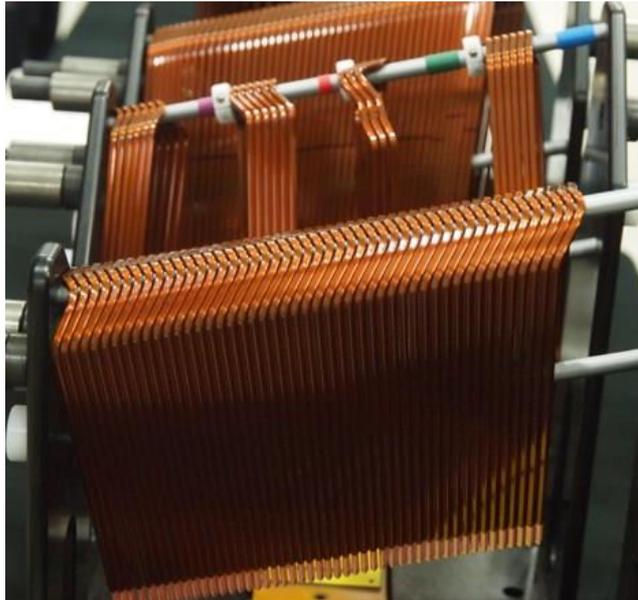
Jmag绕组建模功能

- 近年来国内外电机定子绕组很多采用扁铜线成型绕组技术，相比于传统绕线方式有很多优点：
 - 1、提高槽满率，即提高定子槽内铜导线占槽面积的比重；
 - 2、减小电机尺寸，增加电机功率密度；
 - 3、改善电机绕组的散热能力；
 - 4、增加绕组的机械强度；



Jmag绕组建模功能

■ 扁铜线成型绕组电机定子总成





1

Jmag 绕组建模介绍

2

某样机定位力矩故障及故障类型分析

3

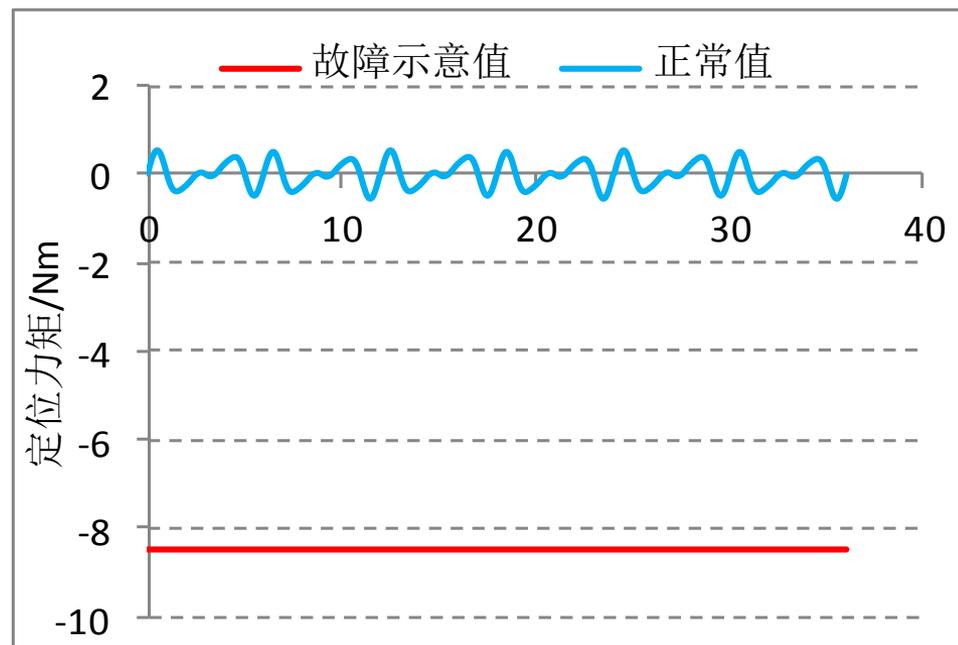
某样机空载电势故障及故障类型分析

4

定子故障线圈检测

2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

- 某样机在台架上进行电机空载性能测试，低转速时，电机的定位力矩数值为负值且其峰值远远超出设计值；





2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 故障分析：

初步怀疑是定子线圈内出现短路或类似“短路状态”的环流而引起的，同时也不排除转子故障；

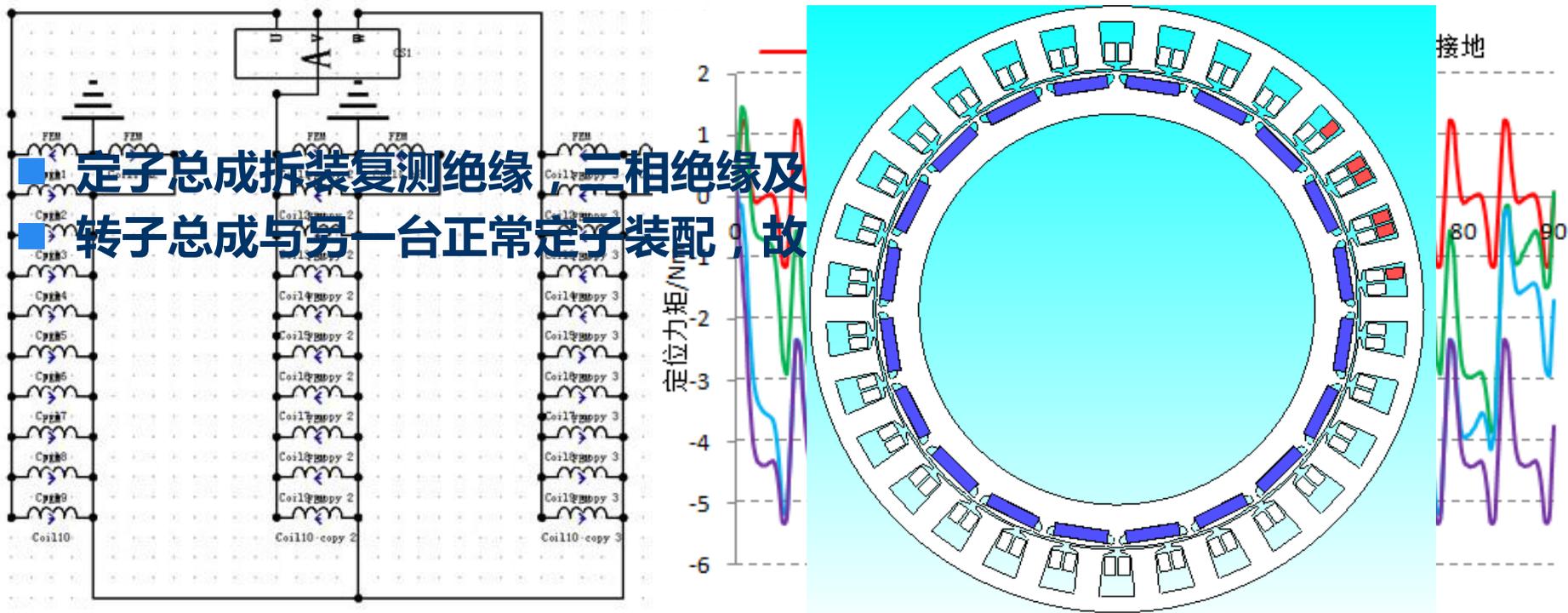
■ 推测可能的故障类型：

- 1、定子线圈对地短路、相间或匝间短路故障；
- 2、定子线圈中性点接反故障；
- 3、定子线圈相序接串故障；
- 4、转子总成故障；

2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 接地短路故障

以接地短路故障为例，分析单相、两相以及三相接地短路后对空载定位力矩的影响。

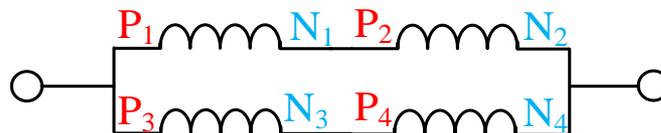
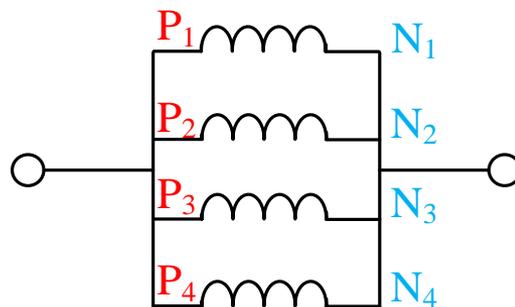


2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

- 线圈根据绕制方向分为P和N两个端子。不同线圈间P与P互为同名端，N与N互为同名端；
- 位保证电势均衡，线圈并联时，需将同名端并在一起；串联时，非同名端连接一起；



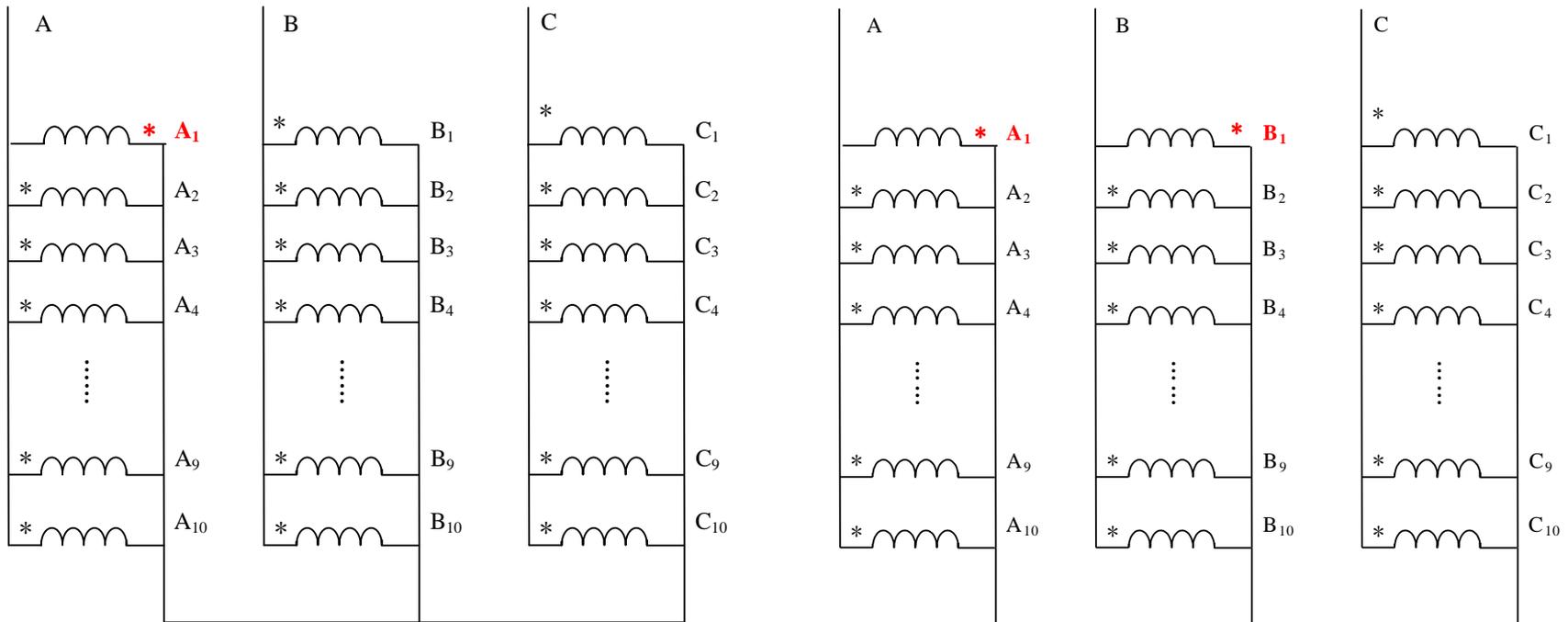
P: Positive
N : Negative



2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 中性点接反故障

电机绕组某个或某几个线圈出线的同名端接反，此类型的三相绕组对绝缘和电阻值均无影响；

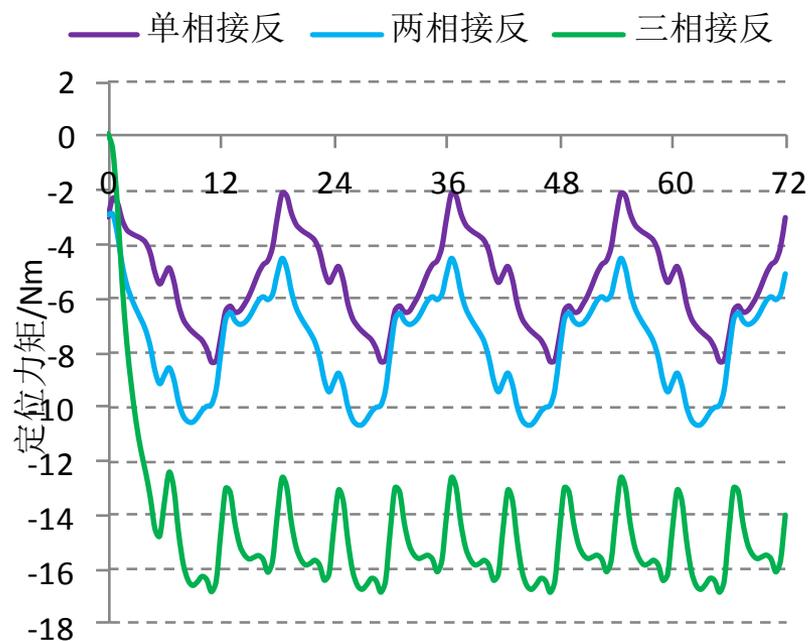
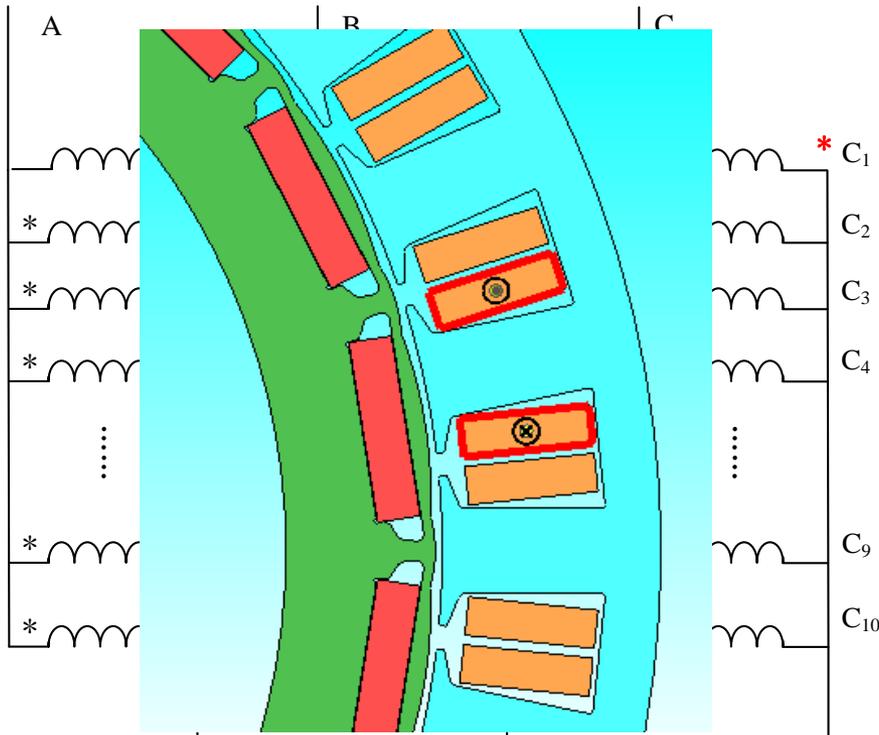


*****: 三相绕线出线端的同名端

2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 中性点接反故障

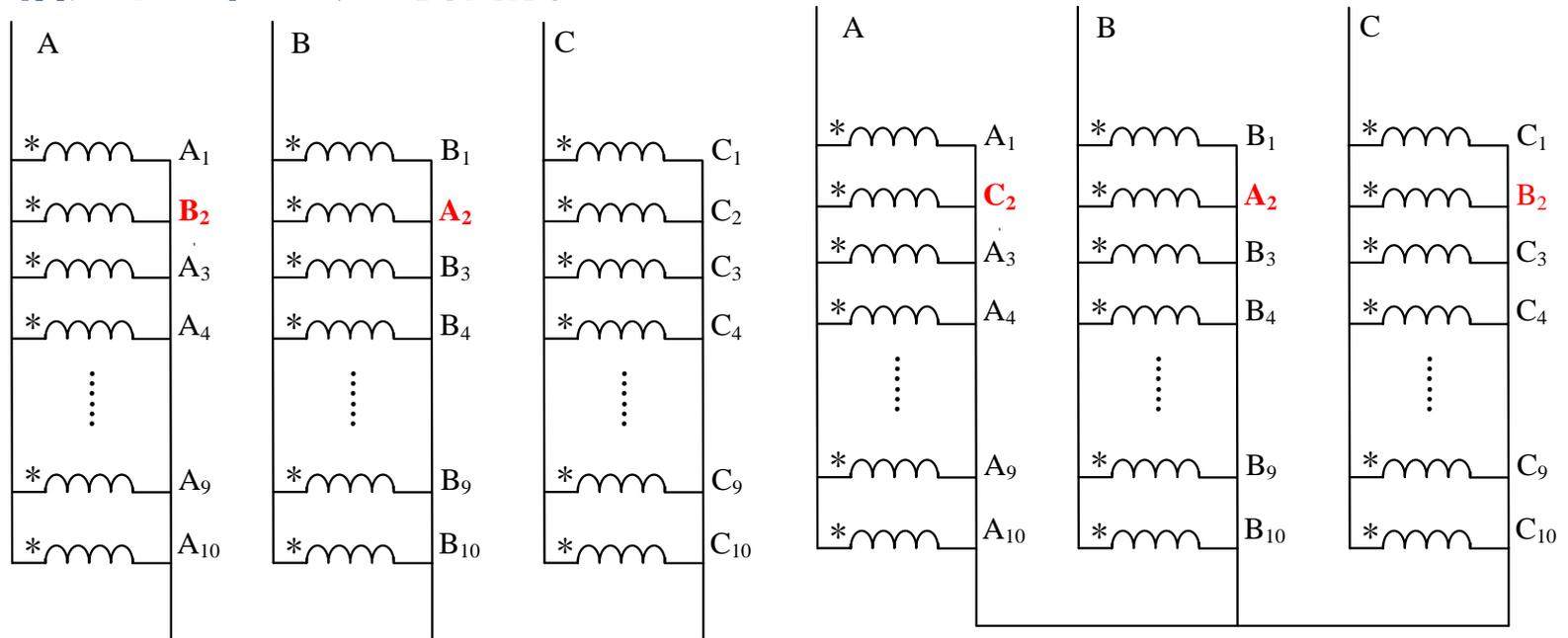
设置故障线圈中性点接反时只需将其方向与正常相反即可；
 中性点接反符合故障电机特性；



2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 相序接串故障

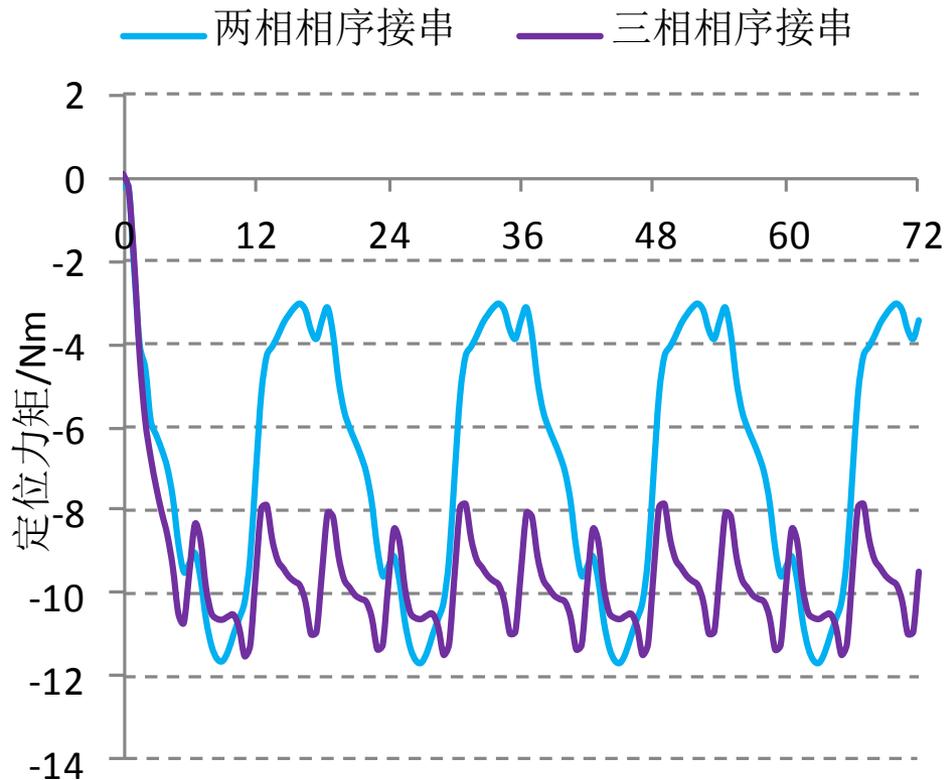
电机某相（A或B或C）一个线圈，并没有与其他的（A或B或C）相线圈并联，而与其他相的线圈并联，比如A相某一线圈与B线圈并联等，此时三相定子电阻也是对称的。



2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 相序接串故障

相序接串故障组合有很多种，以两相、三相各一支路线圈接线故障分析；

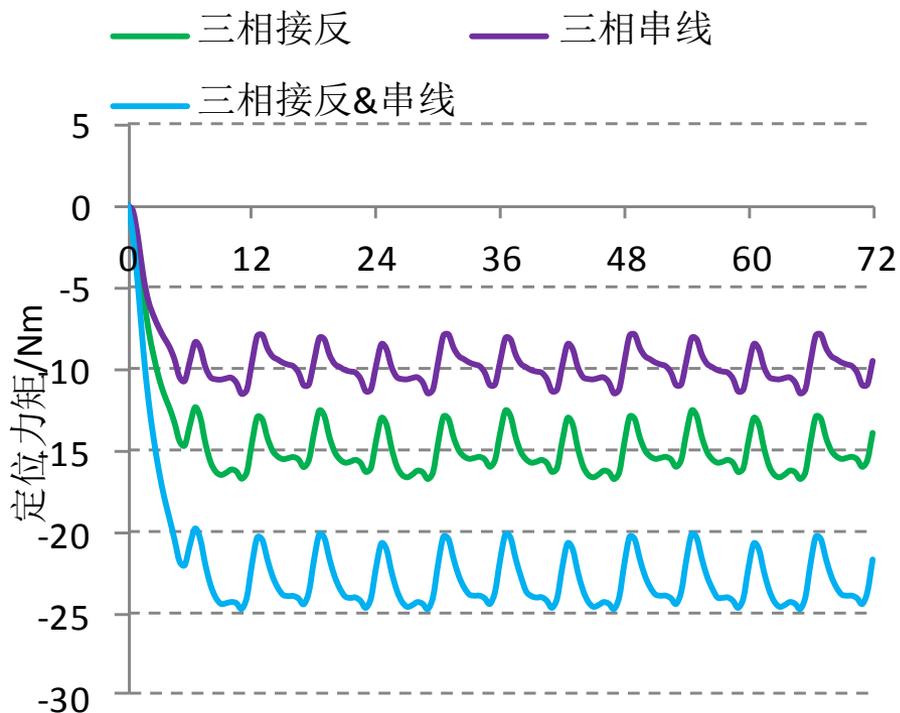
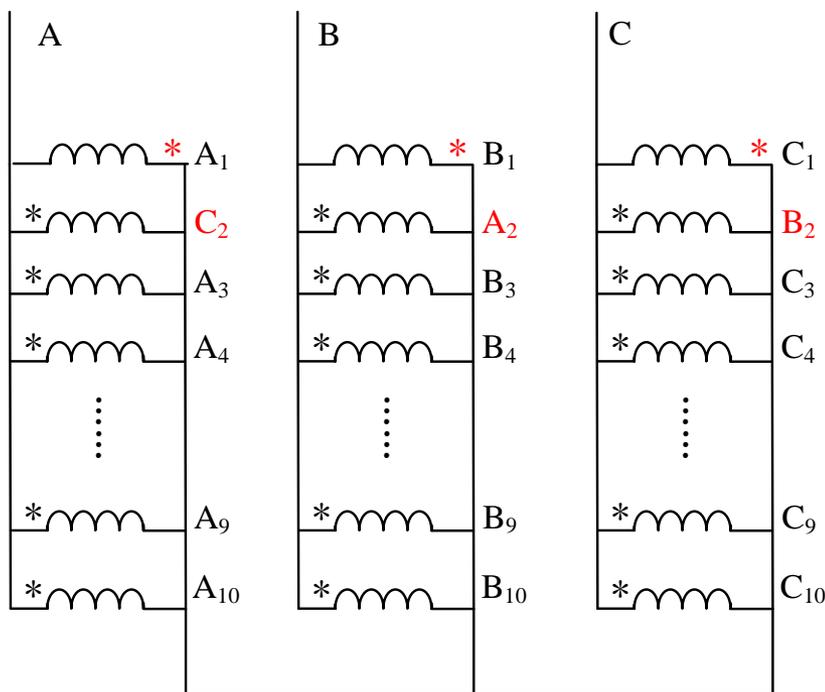


2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 中性点接反&相序接串

可能在线圈中性点接反和相序接串两种故障并存的情况；

此故障可能出现的情况有多种组合，为方便分析，选取了三相中性点接反和三相相序串线故障





2、某样机定位力矩故障及故障类型分析

■ 故障拆解排查

同时出现中性点接反和相序接串故障的概率较低；
最可能出现故障类型是中性点接反或相序接串故障。

■ 故障电机拆解排查与修复





1

Jmag 绕组建模介绍

2

某样机定位力矩故障及故障类型分析

3

某样机空载电势故障及故障类型分析

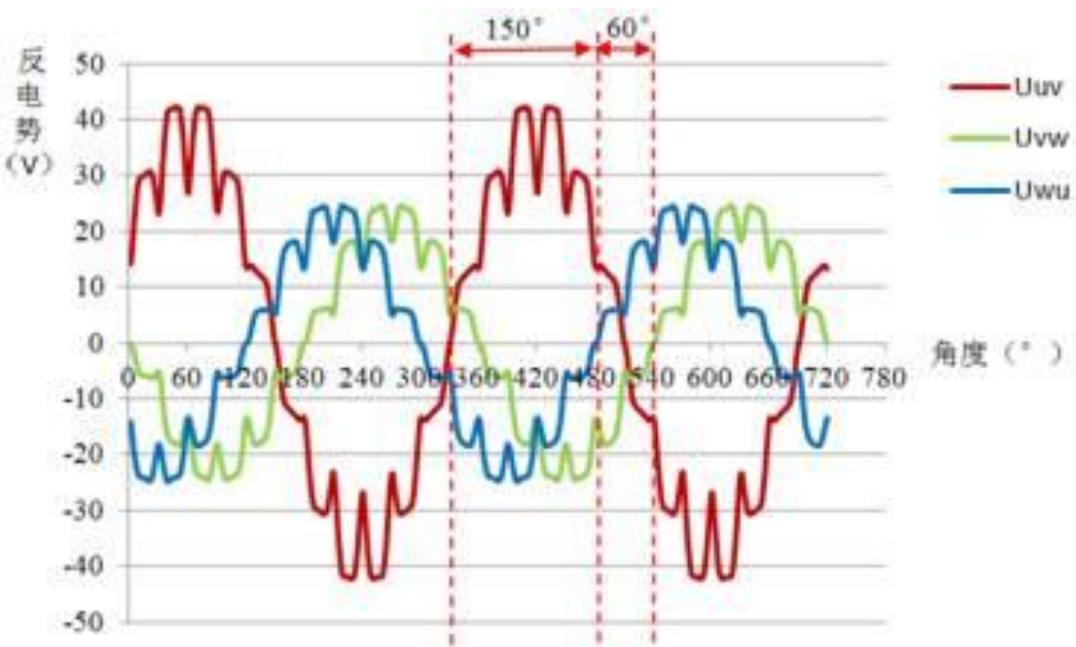
4

定子故障线圈检测

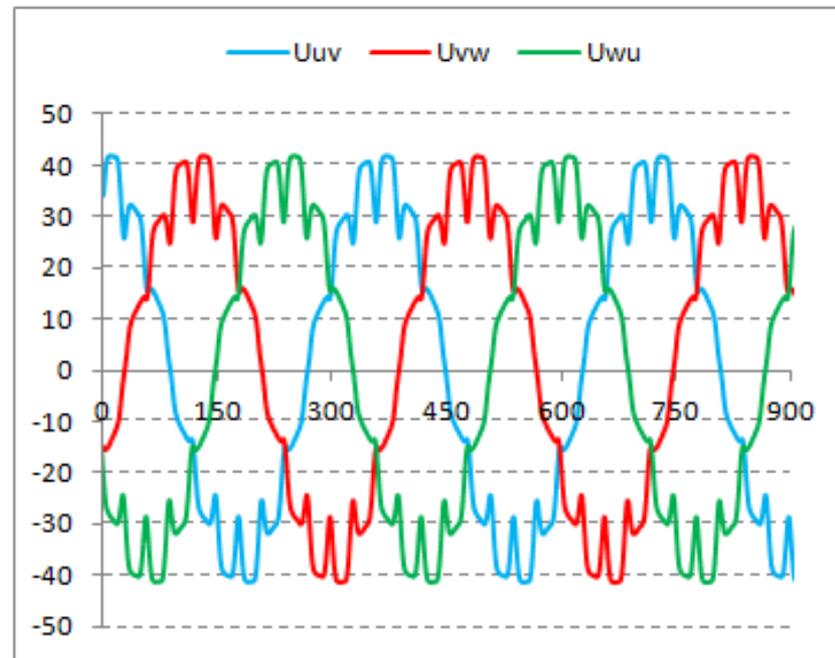
3、某样机空载电势故障及故障类型分析

■ 空载电势异常故障

另一台某样机在台架上进行电机空载性能测试，在恒转速下其空载电势波形幅值不等，相位也不对称；



实测三相线电势波形

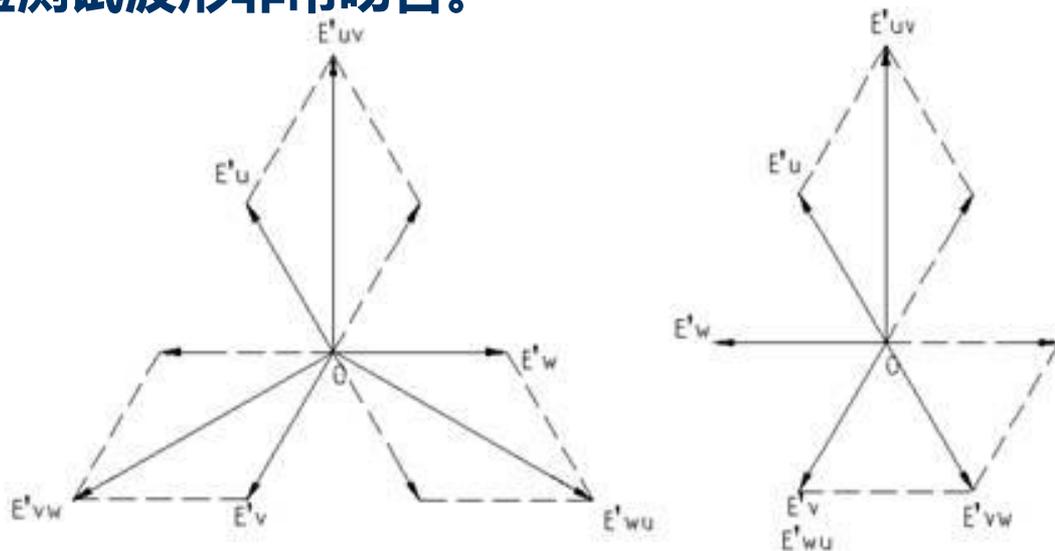


仿真三相线电势波形

3、某样机空载电势故障及故障类型分析

■ 空载电势故障分析：

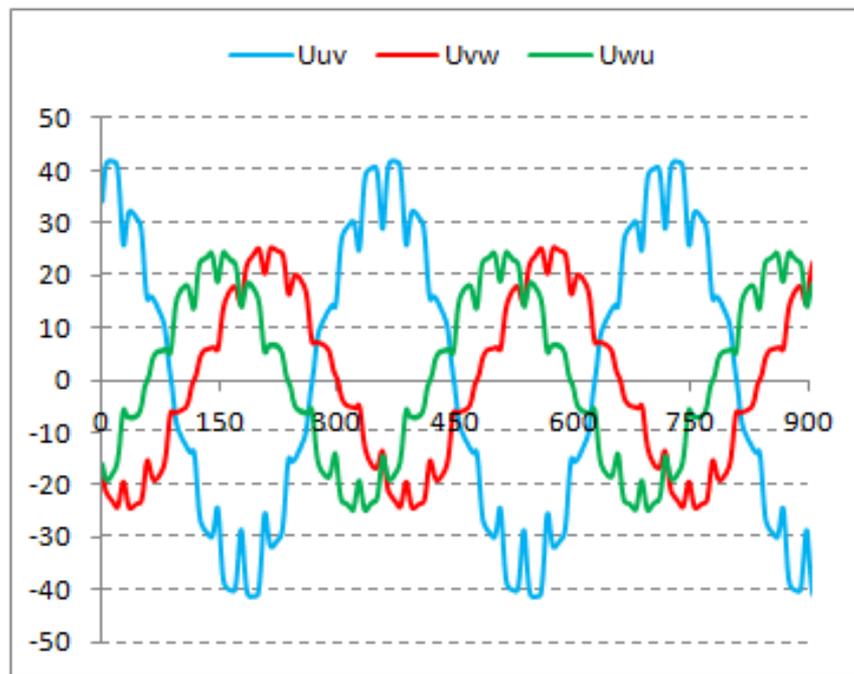
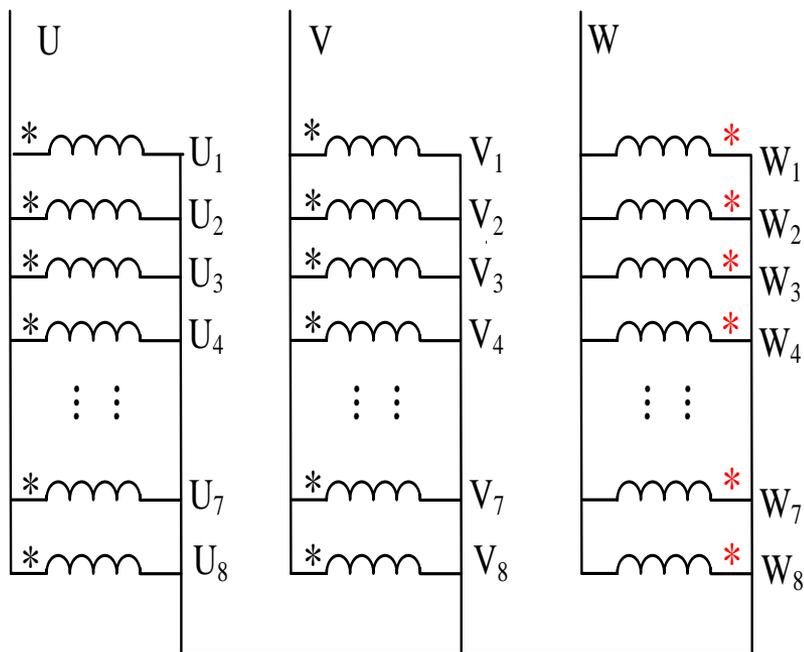
- 1、电机定子三相绕线绝缘、电阻值均正常；
- 2、对比反电势波形，Uuv波形无错误，而Uvw、Uwu波形幅值、相位均不正常，根据Y接绕组特点，最有可能是W相中性点全部接反故障；
- 3、电路相量图中，如果W相中性点接反，Uvw相位较理论值滞后90°，Uwu相位较理论值超前90°，并且幅值均为理论值的1/√3倍，幅值、相位均与试验测试波形非常吻合。



3、某样机空载电势故障及故障类型分析

■ 空载电势故障

为验证分析，对W相中性点接反情况进行仿真分析，仿真波形与异常波形基本一致，从而确认波形异常原因为W相绕组中性点接反。





1

Jmag 绕组建模介绍

2

某样机定位力矩故障及故障类型分析

3

某样机空载电势故障及故障类型分析

4

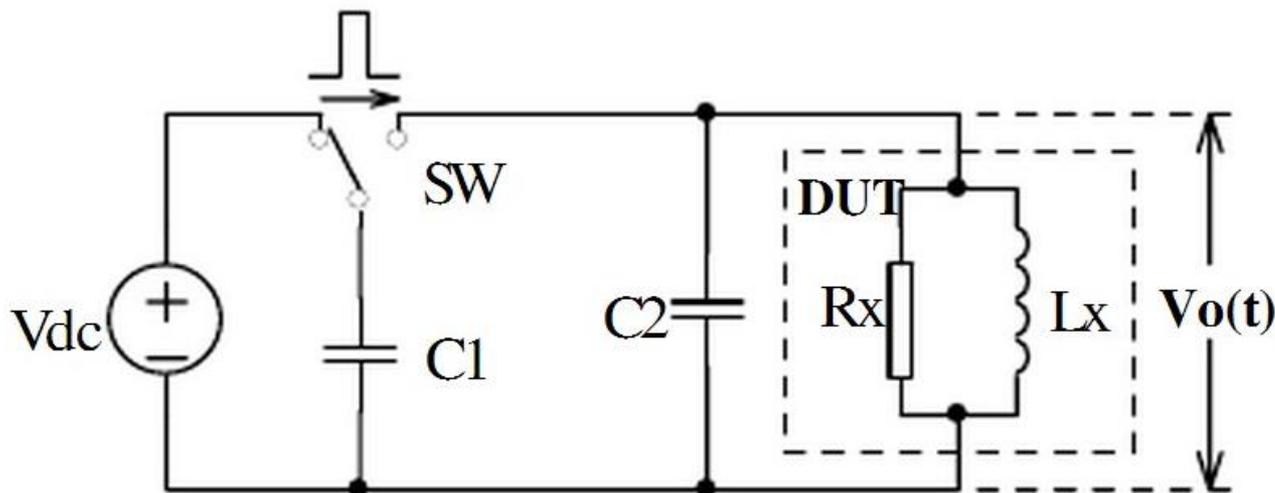
定子故障线圈检测

4、定子故障线圈检测

■ 电机线圈检测

为避免类似接线故障再次发生，除常规的绝缘、三相电阻等检测项目外，需增检测三相线圈的接线是否一致。

定子绕组电感参数与线圈分布连接有关系，不论哪种定子线圈接线故障发生后，三相电感值必定会发生改变，不同的电感值对应不同的线圈LRC振荡特性。基于此特征，可通过利用脉冲测试仪对线圈进行脉冲信号检测。



4、定子故障线圈检测

■ 脉冲检测仪

其基本原理是对被测线圈施加一个脉冲信号，由于电容C2的存在，会与线圈电感Lx和线圈等效电阻Rx，会构成一个衰减的振荡电流，形成一个电压衰减的波形。

检测前需要记录正常的电机定子总成线圈在特定的脉冲信号下的衰减波形，将之储存到数据库中。检测时将检测件获得的数据波形与数据库波形进行比对，若两者衰减波形的特征值相符则合格，反之则不合格。



感谢聆听！