电动机能效标准国外概况

秦 和

上海电器科学研究所（集团）有限公司

三相感应电动机能效限定值标准 (MEPS)

- **10**个国家和地区实施：
  美国、加拿大、墨西哥、巴西、哥斯特黎加、中国、中国台湾、澳大利亚、新西兰、以色列
- **4**个国家准备实施：
  智利、泰国、越南、韩国

2

三相感应电动机效率等级标准或协议

- **2**个国家和地区实施：

  欧盟、马来西亚

3

美国电动机能效标准

- **EPACT**标准 （**NEMA MG1(2006) 12-11**）
- **NEMA Premium**（**NEMA MG1(2006) 12-12**）
- **IEEE 841-2001**

4

EPACT效率值与一般工业电动机效率平均值的比较

功 率 (hp)	1	2	3	5	7.5	10	25	50	75	100	200	平均值
EPACT 效率(%)	82.5	84.0	87.5	87.5	89.5	89.5	92.4	93.0	94.0	94.5	95.0	89.95
一般工业电动机效率值(%)	76.8	81.1	81.4	83.9	84.7	86.4	87.7	91.5	92.1	91.9	94.0	87.25
损耗下降值(%)	24.6	15.4	32.8	22.4	31.4	22.8	27.2	17.7	24.1	32.1	16.7	24.3

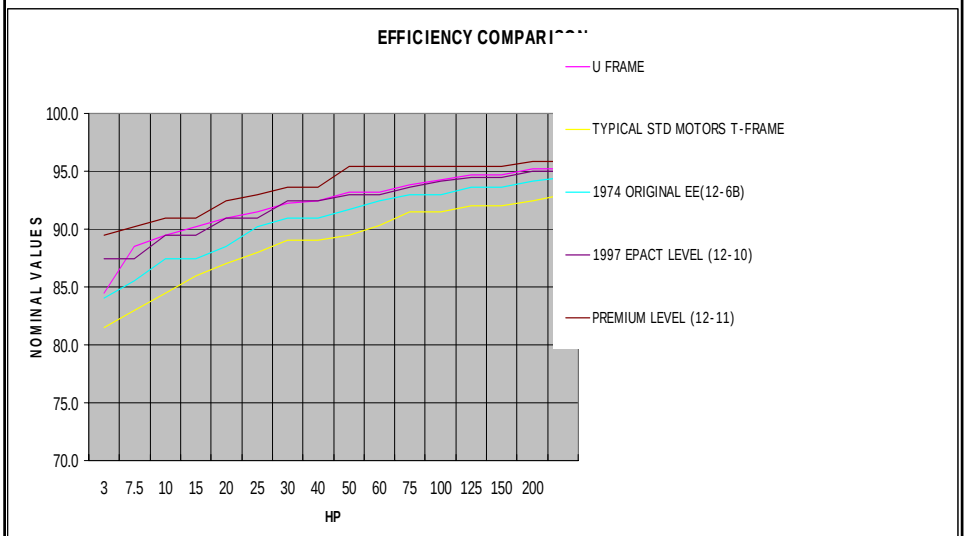
5

NEMA Premium与EPACT效率指标的比较

功率（hp）	1	2	3	5	7.5	10	25	50	75	100	200	平均值
NEMA Premium（%）	85.5	86.5	89.5	89.5	91.7	91.7	93.6	94.5	95.4	95.4	96.2	91.27
EPACT（%）	82.5	84.0	87.5	87.5	89.5	89.5	92.4	93.0	94.0	94.5	95.0	89.95
损耗下降值(%)	17.1	15.6	16.0	16.0	21.0	21.0	14.7	21.4	23.3	16.4	24.0	18.8

6

美国电动机效率比较

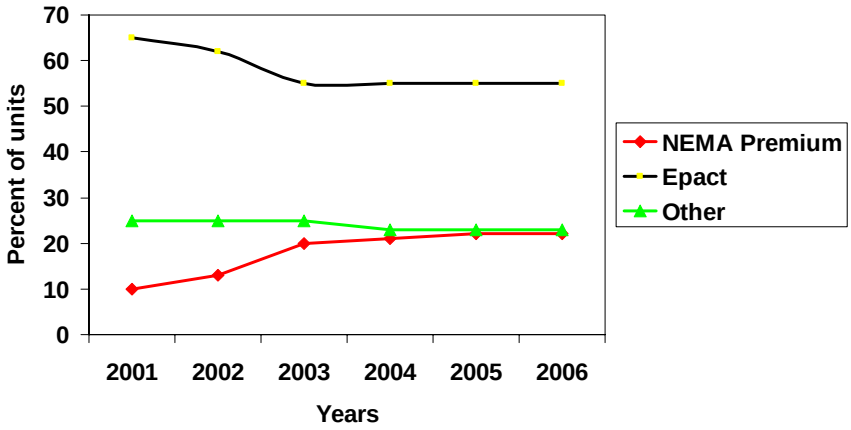


NEMA Premium 50hz levels

Horse Power	Pre-EPAct	EPAct92	NEMA Premium 60 hz	NEMA Premium 50 hz	Three Star IEC Test Method
1.0	76.7	82.5	85.5	84	83.8
1.5	79.1	84.0	86.5	85.5	85.2
2.0	80.8	84.0	86.5	85.5	86.2
3.0	81.4	87.5	89.5	88.5	87.4
5.0	83.3	87.5	89.5	88.5	89.1
7.5	85.5	89.5	91.7	90.2	89.9
10.0	85.7	89.5	91.7	91	90.7
15.0	86.6	91.0	92.4	92.4	91.6
20.0	88.5	91.0	93.0	92.4	92.3
25.0	89.3	92.4	93.6	93	92.7
30.0	89.6	92.4	93.6	93.6	93
40.0	90.2	93.0	94.1	93.6	93.6
50.0	91.3	93.0	94.5	94.1	93.9
60.0	91.8	93.6	95.0	94.5	94.2
75.0	91.7	94.1	95.4	94.5	94.5
100.0	92.3	94.5	95.4	95	94.9
125.0	92.2	94.5	95.4	95	95.1
150.0	93.0	95.0	95.8	95.4	95.3
200.0	93.5	95.0	96.2	95.4	95.7

8

Historic Efficiency Trend 2001- 2006



Market penetration after six years

9

美国电动机效率下一步工作

- 在**EPACT**中增加**7**个品种。
- **1～200hp**一般用途电机，效率提高到**NEMA Premium**。
- 在**EPACT**中增加**201～500hp**，效率按**MG1**（**2006**） **12-11**。
- 对终端用户提供税收优惠。
- 采用立法的方式。
- 法令批准后过渡期为**36**个月。

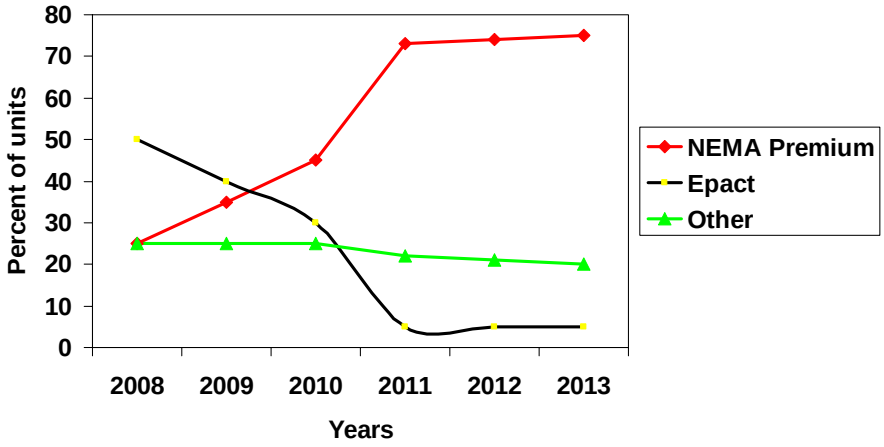
10

NEMA与ACEEE的新提案

- 原EPACT范围效率提到NEMA Premium。
- 原EPACT基础上增加7个品种：
  U-机座电动机
  C设计电动机
  与泵直连电动机
  无脚电动机
  立式电动机（试验在水平方向进行）
  8极电动机
  600V以下230V/460V以外所有的多相电动机
- 增加201～500hp，效率按MG1（2006） 12-11。
- 实施过渡期为36个月，通过税收激励加速进行。

11

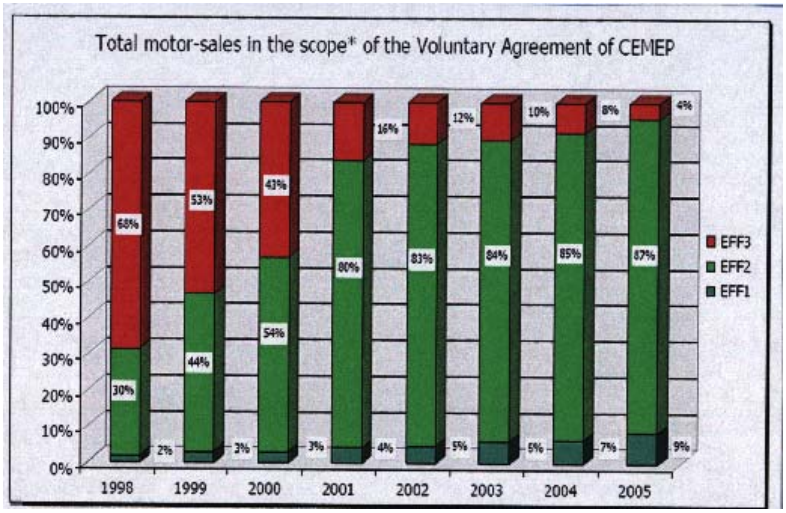
Future Efficiency Expected 2008- 2013



Revised forecast model

12

EU-CEMEP协议实施情况



13

欧盟电动机市场比例（%）

效率等级	eff1	eff2	eff3
1998年	2	30	68
2005年	9	87	4

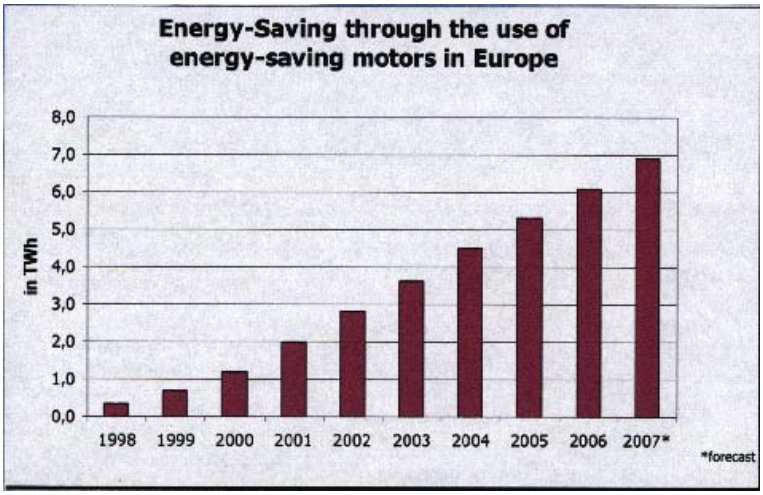
注：eff2和eff1成本分别比eff3增加5%和30%

14

从**1998**年起至今，欧洲电机制造商实施**EU-CEMEP**协议，通过销售节能电动机，使电能节约**700**万**kWh**，相应减少**300**万吨**CO2**。

15

欧洲采用节能电动机后的电能节约



16

欧盟环保法规

- **WEEE**：废弃电气电子设备指令
- **RoHS**： 电气电子设备若干有限物质禁用指令
- **EuP**： 用能产品环保设计指令
- **Reach**：化学品注册、评估和授权制度

17

EuP Directive

Framework Directive 2005/32/EC

For the setting of

Eco-design Requirements for

Energy-using Products

18

EuP指令的目的和实施方法

- 产品在欧盟范围内的发展应有利于可持续发展以及欧盟能源供应的安全。
- 该指令提供了用能产品环保设计要求的原则，并对特定产品规定具体实施措施。
- 通过企业自我声明，使用**CE**标志，政府抽查方式实施。

19

EuP的研究方法

1. 产品定义
2. 经济和市场分析
3. 用户使用情况
4. 现有产品技术分析
5. 典型案例评估
   对环境影响（**EuP EcoReport**）
   生命周期总费用计算（**LCC**）

20

EuP的研究方法（续）

6. 最佳技术的分析
7. 改进的趋势
8. 政策和激励措施等的分析

21

实施EuP的产品

1. 年销售量在欧盟范围内大于20万台。
2. 具有显著的环境影响。
3. 为减少环境影响，所采取措施的费用不需增加过多。
4. 在市场中存在功能相当，但对环境的影响差异较大的产品

22

1. boilers
2. water heaters
3. computers and monitors
4. copiers, faxes, scanners, printers
5. televisions
6. standby
7. battery chargers and external power supplies
8. office lighting
9. street lighting
10. room air conditioning

11. electric motors , water pumps, circulators, ventilation
12. commercial and 13. domestic refrigerators and freezers
14. washing machines / dishwashers

23

Environmental Impact of BaseCases

Table 5 Percentage of use phase impact of BaseCase motors, considering only losses.

4000 h/year scenario	Motor Rated Power		
Main Indicators	**1.1 kW**	**11 kW**	**110 kW**
Total Loss Energy, (GER)	99,08%	98,62%	98,32%
Total Loss Electrical Energy	99,87%	99,85%	99,83%
Water (process)	98,01%	97,77%	97,63%
Waste, non-hazardous/landfill	74,68%	53,53%	47,63%
Waste, hazardous/incinerated	87,63%	91,56%	93,58%
Emissions to the Air			
Greenhouse Gases in GWP100	98,55%	97,98%	97,51%
Acidification Agents, AP	97,65%	94,37%	93,12%
Volatile Organic Compounds, VOC	94,50%	93,56%	90,91%
Persistent Organic Pollutants, POP	72,25%	68,18%	65,24%
Heavy Metals, HM	81,79%	74,16%	70,61%
PAHs	82,98%	79,95%	71,76%
Particulate Matter, PM, dust	69,98%	76,36%	59,47%
Emissions to the Water			
Heavy Metals, HM	77,55%	73,69%	70,86%
Eutrophication, EP	26,13%	26,20%	27,25%

Use phase dominates the life-cycle impact of the product.

24

BaseCase vs. BAT

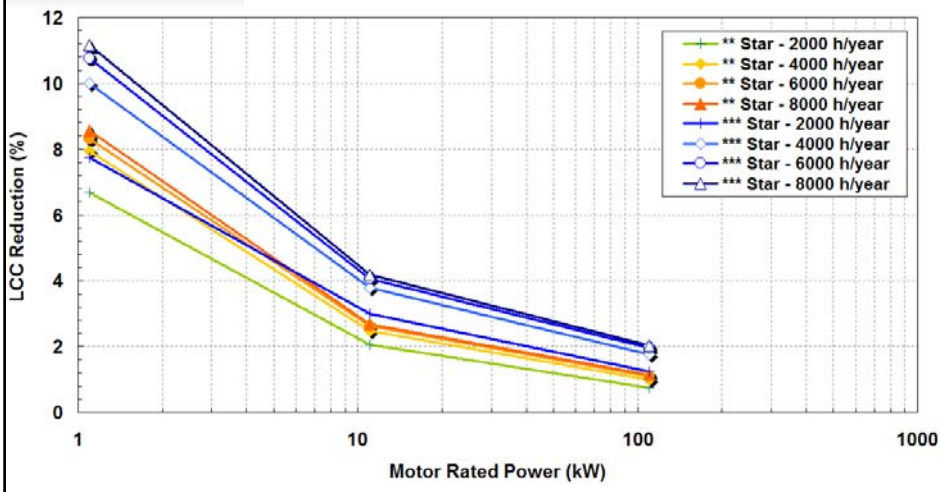
Environmental impact variation associated with the replacement of BaseCase by BAT motors, considering only the use phase.

4000 h/year scenario	Motor Rated Power					
	1,1 kW		11 kW		110kW	
Main Indicators	**EFF1**	**Premium**	**EFF1**	**Premium**	**EFF1**	**Premium**
Total Loss Energy	-36,38%	-48,94%	-22,65%	-36,68%	-18,53%	-33,51%
Total Loss Electrical Energy	-36,90%	-49,65%	-23,17%	-37,78%	-18,77%	-34,34%
Water (process)	-36,12%	-48,61%	-22,60%	-36,82%	-18,27%	-33,30%
Waste, non-hazardous/landfill	-15,57%	-20,42%	-2,83%	7,02%	-11,08%	-5,55%
Waste, hazardous/incinerated	-32,39%	-43,58%	-21,25%	-34,62%	-17,62%	-32,21%
Emissions to the Air						
Greenhouse Gases in GWP100	-36,04%	-48,48%	-22,38%	-36,13%	-18,34%	-33,01%
Acidification Agents, AP	-35,17%	-47,29%	-20,88%	-32,69%	-17,88%	-30,87%
Volatile Organic Compounds, VOC	-33,62%	-45,18%	-20,33%	-31,58%	-16,53%	-28,86%
Persistent Organic Pollutants, POP	-16,69%	-22,02%	-7,81%	-8,69%	-6,76%	-5,76%
Heavy Metals, HM	-26,25%	-35,14%	-13,48%	-18,07%	-13,03%	-18,22%
Policyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH	-26,77%	-35,85%	-15,37%	-19,52%	-27,89%	-35,25%
Particulate Matter, PM, dust	-22,13%	-29,61%	-14,53%	-12,13%	-10,89%	-14,32%
Emissions to the Water						
Heavy Metals, HM	-25,57%	-34,27%	-14,07%	-21,30%	-13,67%	-20,29%
Eutrophication, EP	-4,55%	-5,90%	-1,24%	1,27%	-2,75%	1,78%

25

BaseCase vs. BAT

LCC as a function of motor rated power.



26

电动机的效率测定方法

测定各损耗分量之和的效率简接测定法：

- **IEEE112-B （IEC 61972 方法1）**
  用输入输出法测定杂耗的效率简接测定法
- **IEC 60034-2 （ed.3）**
  假定杂耗为**0.5**％输入功率的效率简接测定法

27

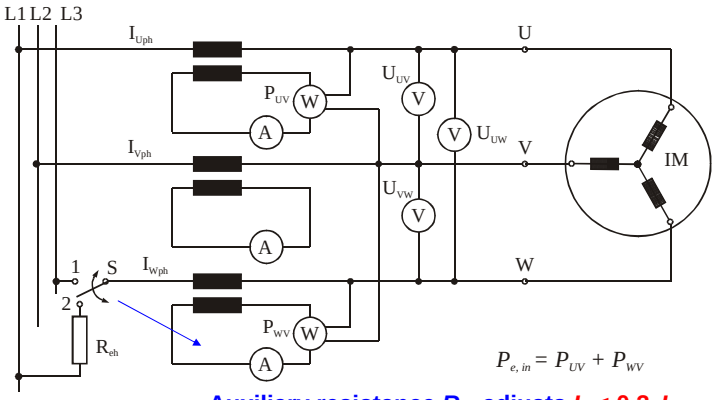
IEC 60034-2-1

- 取消“假定杂耗为**0.5%**输入功率的效率简接测定法”
- 列入“用输入输出法求取杂耗的效率简接测定法”**- IEC 61972**
- 列入“用反转法求取杂耗的效率简接测定法”
- 列入“用**Eh-Star**法求取杂耗的效率简接测定法”

28

Eh-star measurement circuit

Eh ≡ Einphasig mit Hilfswiderstand = single phase with auxiliary resistance



uncoupled induction machine

Auxiliary resistance R_{eh} adjusts $I_1 < 0.3 \cdot I_2$

- **Positive sequence component I_1 shall be small ($I_1 < 0.3 \cdot I_2$), so that conditions of RRT are simulated.**

29

60034-2-1/FDIS © IEC – 18 –

Table 2 – Induction machines

Method	Clause	Preferred method	Required facilities	Uncertainty
Direct				
Torque measurement	8.1.1	All single phase and polyphase ≤ 1 kW	Torquemeter/dynamometer for full-load	Low
Calibrated machine test	Annex D		Calibrated machine	See Note 5
Dual-supply, back-to-back test	8.1.2		Machine set for full-load Two identical units	Low
Total losses				
Calorimetric method	Annex D		Special thermal enclosure	See Note 5
Single supply back-to-back test	8.2.1		Two identical units (wound rotor)	Low
Summation of losses, with and without load test				
P_{LL} determined from residual loss	8.2.2.5.1	Three phase > 1 kW up to 150 kW	Torquemeter/dynamometer for ≥ 1,25 × full-load	Low
P_{LL} from assigned value	8.2.2.5.3			Medium to high
P_{LL} from removed rotor and reverse rotation test	8.2.2.5.2		Auxiliary motor with rated power ≤ 5 × total losses P_T	High
P_{LL} from Eh-star test	8.2.2.5.4	(see Note 3)	Resistor for 150 % rated phase current	Medium
Summation of losses, without load test				
Currents, powers and slip from the equivalent circuit method P_{LL} from assigned value	8.2.2.4.3		If test equipment for other tests is not available (no possibility of applying rated load, no duplicate machine)	Medium/High

NOTE 1 Due to measurement inaccuracies, the determination of P_{LL} from residual losses is limited to correlation coefficients (see 8.2.2.5.1.2) greater than 0,95 and may have uncertainties of the determined efficiency exceeding ±0,5 %.

NOTE 2 In the "Uncertainty" column, "Low" indicates a procedure determining all loss-components from tests; "Medium" indicates a procedure which is based on a simplified physical model of the machine.

NOTE 3 The method for P_{LL} from Eh-star test is suitable for motors between 1 kW and 150 kW; larger ratings are under consideration. The method requires that the winding can be connected in star.

NOTE 4 In the "Uncertainty" column, "Low" indicates a procedure determining all loss-components from tests; "Medium" indicates a procedure which is based on a simplified physical model of the machine; and "High" indicates a procedure that does not determine all loss-components by tests.

NOTE 5 Uncertainty to be determined.

30

IEC 60034-30
单速三相笼型感应电动机效率等级

目前**CDV**文件规定：

- 频率为**50Hz**和**60Hz**
- 电压为**1000V**及以下
- 功率范围为**0.75～370kW**
- 极数为**2、4、6**极
- 工作制为**S1**（连续运行）或运行时间大于或等于**80%**的**S3**（间隙周期运行）
- 防护等级为**IP2x、IP4x、IP5x**或**IP6x**

31

IEC60034-30 （CDV文件）

- 效率的确定采用**IEC60034-2-1**规定的“求取各损耗分量之和的效率简接测定法”
- 效率等级为**4**级：

  标准效率 （**IE 1**）

  高效率 （**IE 2**）

  超高效率 （**IE 3**）

  超超高效率（**IE 4**）

32

IEC60034-30 （CD文件）（续）

- 对应于**50Hz**和**60Hz**分别各有一效率等级
- 对应于**50Hz**的标准效率指标（**IE1**）和高效率指标（**IE2**）分别参照 **EU-CEMEP**协议的**eff2**和**eff1**指标，但考虑杂耗的实际值后进行了折算。
- 超高效率指标（**IE3**）则为高效率指标损耗下降**15%**求得。
- 对应于**60Hz**的标准效率指标（**IE1**）系参照巴西的指标。高效率指标（**IE2**）系参照美国的**EPACT**指标。超高效率指标（**IE3**）系参照美国的**NEMA Premium**指标。

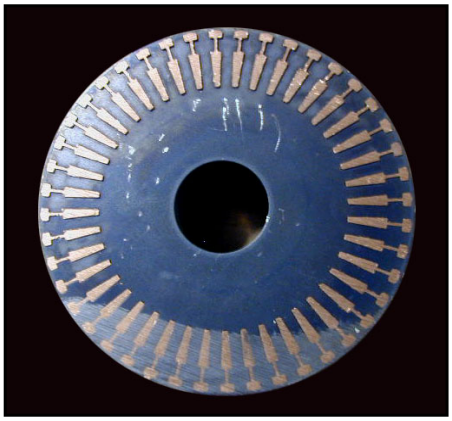
33

SIEMENS对电动机效率的回顾与展望

	效率
（永动机	**100**％）
超导电动机	**98.5～99**％
非晶态叠片电动机	**94.1～94.5**％
铜转子电动机	**93～93.6**％
超高效率电动机	**93**％
EPACT	**91.5**％
1975	＜**88**％

34

Complex conductor bar shape can only be made by die casting



35

Picture of a typical copper rotor motor

4pole rotor

2pole rotor

36

采用铸铜转子降低转子损耗

Siemens超高效率电机(曲线A)与

NEMA Premium(曲线B) 的比较 (4极电机)

37

提高效率的措施

1. 增加有效材料用量
   增加铁心**D2L**
   增加定子槽中铜面积
   增加转子槽面积
2. 降低铁心损耗
   采用高性能的叠片材料
   热处理
3. 降低电动机温度水平

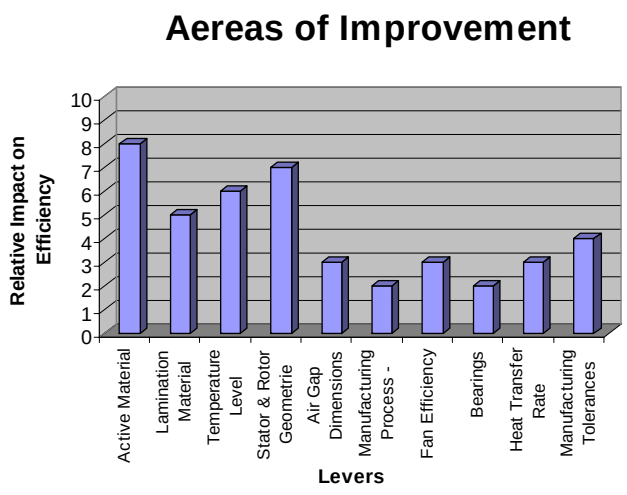
38

提高效率的措施（续）

4. 定、转子冲片的优化设计（有限元分析）
5. 气隙尺寸优化
6. 改善通风系统（选用单向风扇）
7. 冲片冲制与叠压工艺优化，以降低杂耗
8. 采用高效轴承
9. 增加有效部分与机座间的导热率
10. 优化加工过程，控制制造公差

39

措施的影响



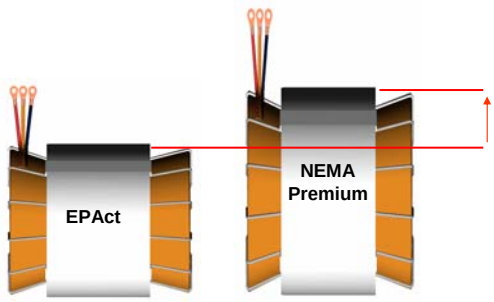
)

增加有效部分用量

- 增加有效部分外径
- 采用下一 级机座尺寸

超比例的增加材料

- 可调整的机座设计



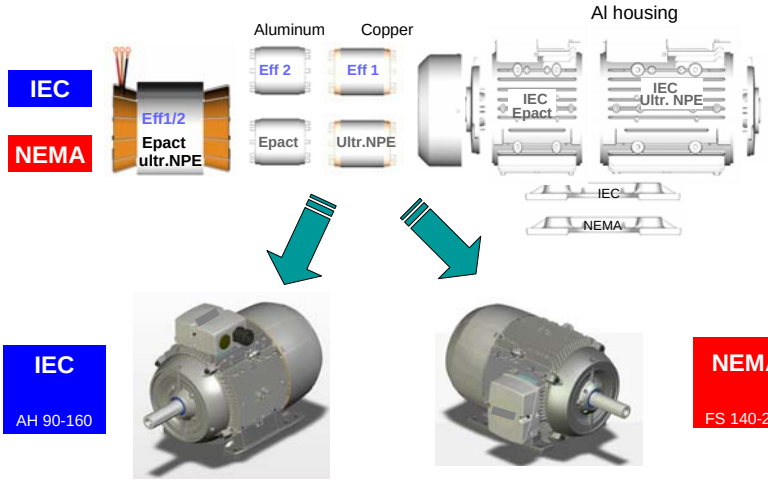
41

SIEMENS世界系列设计平台的考虑

- 适应国际先进技术发展的要求
- 满足NEMA和IEC两个市场的需要
- 具有铜转子和铝转子
- 具有铸铁机座和铝壳机座
- 零部件尽量通用（端盖、冲片、机座…）
- 模块化设计，以减少差异、降低库存、减少投资、方便改型
- 有利于推进市场和缩短销售过程

42

Platform Concept



43

44

谢　谢　！

45