

继电器及继电保护装置可靠性基础知识讲座 (连载二)

许昌继电器研究所 韩天行

三 可靠性特征参数

1. 不可修复产品的可靠性特征参数:

不可修复产品是指产品失效后不能修复或能修复但不值得修复的产品,对于继电器及装置中用于自动控制的控制继电器和继电保护装置中用的机电型继电器一般均可以看作是~~不可修复~~不可修复产品,如控制继电器DZ—100、DZ—6、JTX、522和保护继电器,DZ、DS、DX、DY、DL等等,不可修复产品可靠性特征参数有可靠度、累积失效概率、失效率、平均寿命以及反映寿命的其它特征量。

(1) 可靠度 $R(t)$:

产品的可靠度是产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的概率,用 $R(t)$ 表示。

当 N 个产品从开始工作到时刻 t 时,有 n 个产品失效,当 N 足够大时,产品在 t 时刻的可靠度为:

$$R(t) \approx \frac{N-n}{N} \quad (2)$$

产品可靠度 $R(t)$ 是时间 t 的函数,随着时间的增长,产品失效数也要增长,可靠度 $R(t)$ 将减小,所以 $R(t)$ 是时间 t 的非增函数。

从可靠度的定义可知, $R(t)$ 是一个概率值它的取值,范围为 $0 \leq R(t) < 1$ 。

$R(t)$ 对于时间 t 的函数关系如图1所示。

(2) 累积失效概率:

产品在规定的条件下和规定的时间内发生失效的概率。产品的累积失效概率又称不可靠度或失效分布函数,用 $F(t)$ 表示。

产品的失效和能完成规定的功能,这二个事件在概率论中被认为是互相对立的,根据概率论中的对立事件的概率关系如(3)式所示。

$$\text{即 } R(t) + F(t) = 1 \quad (3)$$

累积失效概率可用下式计算:

$$F(t) = 1 - R(t) = \frac{n}{N} \quad (4)$$

(3) 失效率 $\lambda(t)$

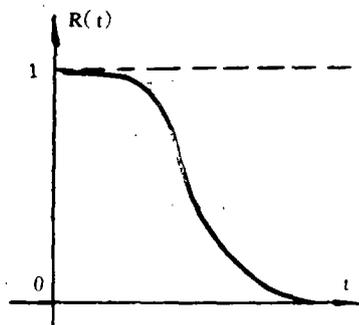


图1

失效率是表示产品在规定条件下工作到时刻 t 后单位时间内发生失效的概率。

失效率也是时间的函数，也有称为失效率函数，用 $\lambda(t)$ 表示。

失效率可以通过试验来确定，当 N 个产品参加试验时，工作到时间 t 时有 n 个产品失效，继续工作到 $t + \Delta t$ 时，产品失效数为 Δn ，则失效率可用下式表示：

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{(N - n) \cdot \Delta t} \quad (5)$$

对于频繁动作的自动继电器，失效率 $\lambda(t)$ 的常用单位有： $1/10^4$ 次，或 $\%/10^4$ 次；对于长时间工作的其它继电器，失效率 $\lambda(t)$ 的常用单位有 $1/\text{小时}$ 或 $\%/10^3$ 小时。

对高可靠寿命的元件失效率 $\lambda(t)$ 常数的单位为菲特，1菲特 = $10^{-9}/\text{小时}$ 。

(4) 平均寿命

对于不可修复产品的平均寿命是指产品开始工作到发生失效前平均工作时间。对于频繁动作的继电器是发生失效前的平均工作次数。通常记为MTTF (Mean Time to Failure)。

为了研究一批产品的寿命时，不可能将这批产品全部投入到寿命试验，只能在这批产品中按一定的办法（或标准）抽取一部分产品来进行寿命试验。当测得参加寿命试验的每个产品的寿命分别为 t_1, t_2, \dots, t_n ，可以根据所抽样品的平均寿命来估价整批产品的寿命。在数理统计中，将研究对象的全体称为总体，总体的性质，取决于每个产品的性质，而了解总体的性质可以用抽样的方法来研究，当我们抽取 N 个产品进行寿命试验时，则子样的平均寿命可以按下式计算。

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (6)$$

当子样数越来越大时，子样的平均寿命 \bar{t} 就接近于总体的平均寿命。

(5) 表示寿命的其它特征量：

(a) 寿命方差和寿命标准离差：

平均寿命能说明一批产品寿命的平均水平，但不能说明该批产品寿命的全貌。对于平均寿命相同时，有的继电器寿命比较接近，有的寿命比较分散。固而可以用寿命方差和寿命标准离差来反映产品的寿命的离散程度。

对于寿命子样 t_1, t_2, \dots, t_n 来说，其寿命方差 S^2 和寿命标准离差 S 可以用以下公式表示：

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \quad (7)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (8)$$

当子样 n 越来越大时,子样的寿命方差 S^2 就趋近于总体的寿命方差 σ^2 ,子样的寿命标准离差 S 趋近于总体的寿命标准离差 σ 。

总体寿命方差 σ^2 和寿命标准离差 σ 由以下公式表示:

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - \mu)^2 f(t) dt \quad (9)$$

$$\sigma = \sqrt{\int_0^{\infty} (t - \mu)^2 f(t) dt} \quad (10)$$

式中: μ 为总体的平均寿命

$$\mu = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (11)$$

式中 $f(t)$ 为失效密度函数

$$\mu = f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = F'(t) \quad (12)$$

(b)可靠寿命、中位寿命和特征寿命

从产品的可靠度的定义中知道,产品可靠度是一时间的函数,并随着时间的增长,产品的可靠度要下降。然而产品可靠度与时间的关系是一一对应的。因此可以根据可靠度与时间的关系,由给定的可靠水平 r 来确定产品减少到给定的可靠水平 r 的工作时间。我们将产品可靠度减少到给定的可靠水平 r 时所需要的工作时间称为产品在给定可靠水平 r 时的可靠寿命,记为 T_r 。

$$\text{即 } R(T_r) = r \quad (13)$$

可靠水平 T_r 与可靠水平 r 的关系如图2所示。

可靠水平 $r = 0.5$ 时的可靠寿命称为中位寿命,记为 $T_{0.5}$ 。

可靠水平 $r = e^{-1}$ 时的可靠寿命称为特征寿命,记为 $T_{e^{-1}}$ 。

产品工作到中位寿命 $T_{0.5}$ 时,约有50%的产品失效。

产品工作到特征寿命 $T_{e^{-1}}$ 时,约有63.2%产品失效。

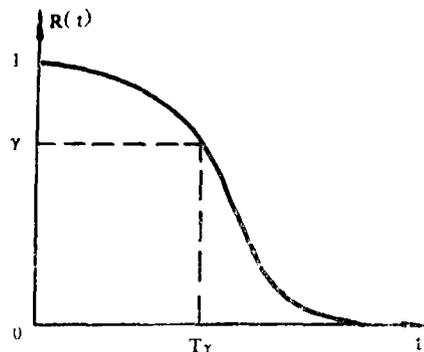


图2 T_r 与 r 的关系曲线

2. 可修复的产品可靠特性参数:

可修复产品的可靠性特性参数有如下几条:

(1) 可靠度 $R_x(t)$

可修复产品的可靠度是指产品在规定的条件下,规定的时间内不发生故障的概率,用 $R_x(t)$ 表示。

(2) 平均无故障工作时间:

可修复产品的平均寿命是指平均无故障工作时间,即相邻两次故障间工作时间的平均值,通常记为MTBF (Mean Time between Failure)

$$MTBF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (14)$$

(3) 故障率 $\lambda_x(t)$

故障率为工作到t时刻的可修复产品在该时刻后的单位时间内发生故障的概率,用符号 $\lambda_x(t)$ 表示。

(4) 平均修复时间:

平均修复时间为每次故障后所需维修时间的平均值,通常记为MTTR (Mean Time to Repair)。

(5) 维修度 $M(t)$:

维修度为可修复产品在发生故障后,在规定条件下和规定时间内进行维修时完成修复的概率。记作 $M(t)$ 。

(6) 修复率 $\mu(t)$

修复率为修理时间已达到时刻t的产品,在该时刻后的单位时间内完成修复的概率。记作 $\mu(t)$ 。

(7) 有效度 A

在某个使用条件下,在规定的时间内处于正常状态的概率,记作 A 。

一般为产品的可工作时间与可工作时间及不能工作时间和的比值,即:

$$A = \frac{\text{可工作时间}}{\text{可工作时间} + \text{不可工作时间}} \quad (15)$$

$$\text{即 } A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (16)$$

四 几种重要的失效分布

1. 一般失效分布曲线

大多数电工产品失效率曲线类似浴盆,通常叫做浴盆曲线如图3所示。从浴盆曲线上看我们可以将产品的失效分为三个阶段:早期失效阶段、偶然失效阶段、耗损失效阶段。

(1) 早期失效阶段

出现在工作早期阶段,它的特点是失效较快且失效率随着时间增加而减小,失效原因是设计不周、工艺措施不全或材料缺陷等。

(2) 偶然失效阶段

出现在工作中期阶段,它的特点是失效率高且稳定,近似为一常数,失效原因系随机偶然性质,如非常严重的不可预测的应力,时间较长。

(3) 耗损失效阶段

出现在工作的后期阶段,它的特点是失效率随时间增加而上升,失效原因是疲劳累积或材料耗尽等。

失效分布函数 $F(t)$ (即不可靠度)、可靠度 $R(t)$ 、失效 $\lambda(t)$ 联系密切,可以互化,如图4所示:

2. 几种重要的寿命分布:

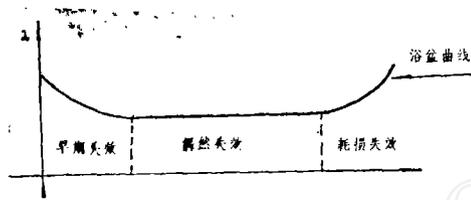


图3 浴盆曲线

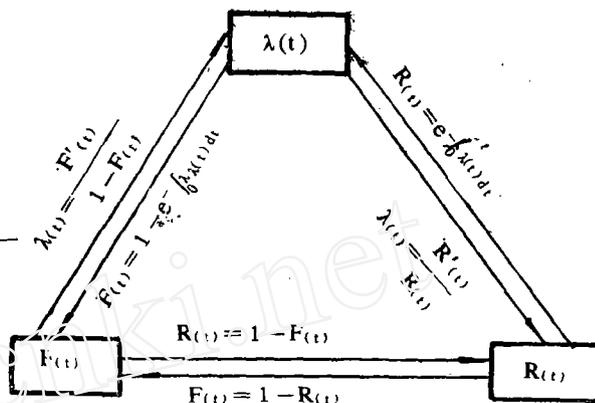


图4 失效分布函数 $F(t)$ 、可靠度 $R(t)$ 与失效率 $\lambda(t)$ 三者关系

(1) 指数分布:

特点: 失效率 λ 为一常量, 并且 $\lambda > 0$ 。

特性参数:

失效率: $\lambda(t) = \lambda$ (17)

失效分布函数: $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ (18)

失效密度函数: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ (19)

可靠度: $R(t) = e^{-\lambda t}$ (20)

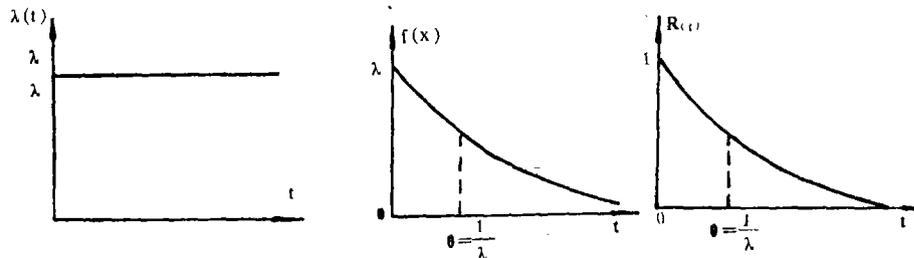
平均寿命(注): $\mu = \frac{1}{\lambda}$

注: 失效分布类型为指数分布时, 产品的平均寿命用 Q 表示。

可靠寿命: $T_r = \frac{-\ln r}{\lambda} = -\frac{2.3026 \lg r}{\lambda}$ (21)

中位寿命: $T_{0.5} = \frac{-\ln 0.5}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} = 0.693Q$ (22)

$\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形如图5所示。



$\lambda(t) = \lambda$ $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ $R(t) = e^{-\lambda t}$

图5 指数分布的 $\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形

由于产品偶然失效期较长, 而指数分布失效率曲线十分接近浴盆曲线偶然失效阶

，所以在很多情况下用指数分布这种数学模型，来处理电工产品可靠性参数分布是比较适合的，另外指数分布的失效率和平均寿命均为常数且互为倒数。在数学上处理比较方便，所以在可靠性中是用得特别广泛。继电器及装置的寿命分布也将采用指数分布来进行可靠性研究。

(2) 正态分布：

$$\text{失效分布密度函数: } f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (23)$$

其中： $-\infty < \mu < \infty$ 、 $\sigma > 0$

μ ——寿命的平均值

σ ——寿命的标准偏差

$$\text{失效率 } \lambda(t) = \int_0^t \frac{e^{-\frac{(\tau-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma} d\tau \quad (24)$$

$$\text{可靠度 } R(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(\tau-\mu)^2}{2\sigma^2}} d\tau \quad (25)$$

$$\text{平均寿命 } \bar{T} = \mu \quad (26)$$

$\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形如图6所示。

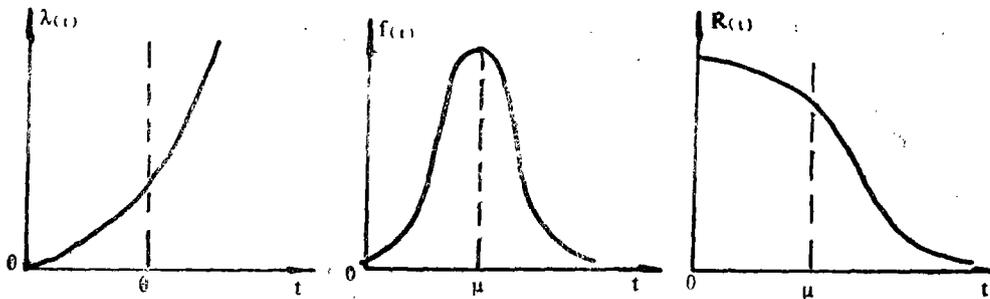


图6 正态分布的 $\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形
在浴盆曲线中的耗损失效时，其失效分布类型接近正态分布。

(3) 对数正态分布：

$$\text{失效分布密度函数 } f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (27)$$

其中 $-\infty < \mu < +\infty$ $\sigma > 0$

$$\text{失效率 } \lambda(t) = \frac{\frac{1}{t} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}}}{\int_0^t \frac{1}{\tau} e^{-\frac{(\ln \tau - \mu)^2}{2\sigma^2}} d\tau} \quad (28)$$

$$\text{可靠度: } R(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_t^{\infty} \frac{1}{\tau} e^{-(\ln\tau - \mu)^2 / 2\sigma^2} d\tau \quad (29)$$

$$\text{平均寿命: } \bar{T} = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \dots \quad (30)$$

$\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形如图 7 所示:

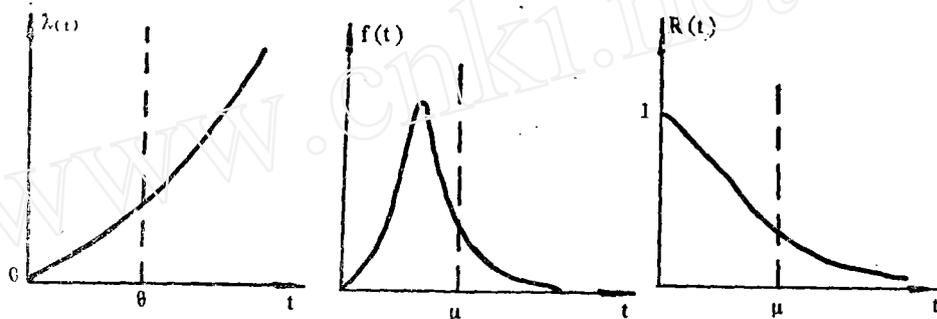


图 7 对数正态分布的 $\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形。

(4) 威布尔分布:

$$\text{失效分布密度函数 } f(t) = \frac{m(t-r)^{m-1}}{t_0^m} e^{-\frac{(t-r)^m}{t_0}} \quad (31)$$

其中: m 称为形状参数。

r 称为位置参数。

t_0 称为尺度参数。

$$\text{失效率: } \lambda(t) = \frac{m}{t_0} (t-r)^{m-1} \quad (32)$$

$$\text{可靠度: } R(t) = e^{-\frac{(t-r)^m}{t_0}} \quad (33)$$

$$\text{平均寿命: } \mu = t_0^{\frac{1}{m}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad (34)$$

当 $r=0$, $\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形如图 8 所示。

由威布尔分布失效率函数可知: 当 $m=1$ 时, $\lambda(t) = \frac{1}{t_0}$, 此时威布尔分布即为指数分布, $m>1$ 时, $\lambda(t)$ 单调增加, $m<1$ 时 $\lambda(t)$ 单调减少。

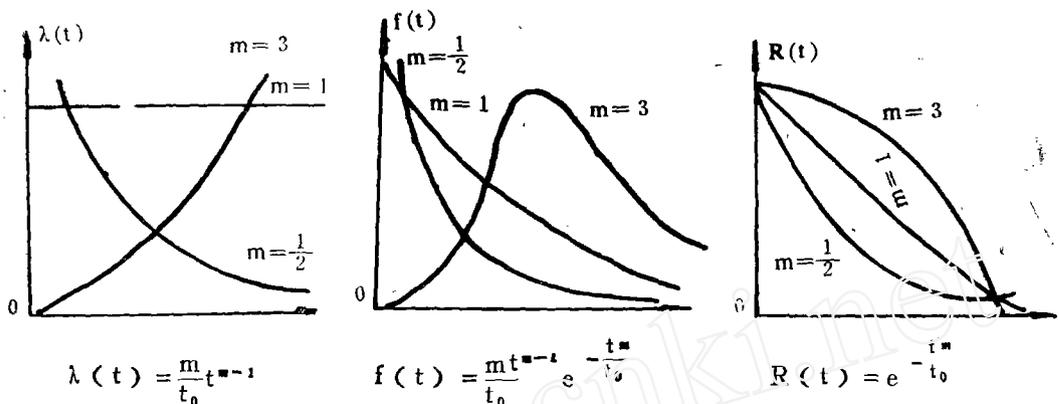


图8 威布尔分布的 $\lambda(t)$ 、 $f(t)$ 、 $R(t)$ 的图形

五 失效模式和失效判据

1. 失效模式:

从继电器的工作来看,它的失效方式分为两大类:即不正确的动作——误动,以及不正确的不动作——拒动。具体反映在触点系统中,继电器的触点主要有二种:一种是动合触点,在不动作时不接通电路,动作时接通电路;另一种是动断触点在不动作时接通电路,动作时不接通电路。如果触点系统不能完成上述工作状态,继电器的工作就出故障。

对于电磁型继电器可以认为是一个系统,在可靠性分析中可以看作由以下几个部分所构成的串联系统,它的可靠性框图如图9所示。

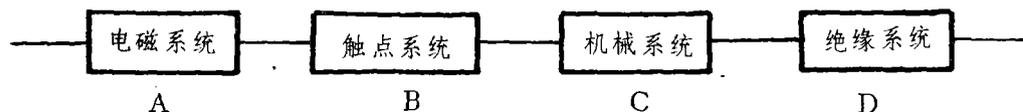


图9 继电器可靠性方框图

它的可靠度如由下式表达:

$$R = R_A \cdot R_B \cdot R_C \cdot R_D \quad (35)$$

即其中一部分出现故障时,继电器就无法完成规定的功能,因而继电器的失效方框图如图10所示。

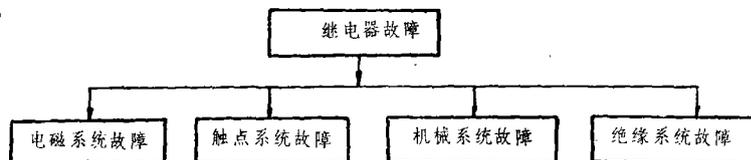


图10 继电器失效模式方框图

失效率 λ 如式(36)所示:

$$\lambda = \lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \lambda_D \quad (36)$$

各部分失效模式分别如图11、图12、图13所示。

对于静态型继电器，一般是由各类变换器如电流变换器、电压变换器、电抗变换器等等，以及由电阻电容、二极管、三极管，或各种固体电路组成的各种功能的触发器、延时电路以及最后由一个小型继电器的出口输出电路对于变换器的失效模式和电磁系统的失效模式相类似，而小型继电器又是电磁继电器的一种，在此不再叙述。而各种电子元件的失效方式主要是基本性能参数恶化、开路、短路、管脚断裂等等，对于这方面的材料，电子工业部有关部门也作了大量工作，可以作为我们的借鉴，这里也不再重复。

据美国军标介绍电磁型继电器建立的可靠性数学模型所提供失效率数学模型为：

$$\lambda = \lambda_b \cdot (\pi_E \cdot \pi_C \cdot \pi_{CTC} \cdot \pi_F \cdot \pi_Q) \quad (37)$$

式中： λ_b —基本失效率，它与周围环境温度和触点承受负载大小有关；

π_E —环境应力系数（除环境温度外），与应用的种类有关；

π_F —触点系数，指触点数量与触点接触形式的影响；

π_{CTC} —循环系数，指动作频率影响；

π_Q —种类系数，指用途及结构形式影响；

π_Q —质量系数，指不同质量等级影响。

2. 失效判据：

(1) 有关“失效”的名词术语：

①失效：

a. 产品在规定的条件下，规定的时间内不能完成其规定的功能；

b. 产品在规定的条件，规定的时间内一个或几个基本性能参数不符合产品技术要求；

c. 产品在规定的应力范围内工作时，导致产品不能完成其规定功能的零部件或元器件的不正常状态，如零部件的破损、碎裂；元器件的特性变化、损坏；触点系统发粘、不通、衔铁系统发粘、发卡等状态。

②按失效的性质上分：

a. 相关失效。

产品在可靠性试验中，被试产品的失效不是被试产品外部引起的，而且是属于试验要求的条件造成的，则这类失效属于相关失效。

相关失效在产品使用过程中是可能会发生的，在可靠性特性量参数评定中，必须统计入累积失效数中，并用于判断接收和拒收的依据。

b. 非相关失效。

产品在可靠性试验中，被试产品的失效不是由被试产品本身引起的，而且不属于试验要求的条件造成的。则这类失效属于非相关失效。

非相关失效在产品使用过程中是不可能发生的，在可靠性特性评定中，不必统计于累积失效数中。

③按失效发生的形式上分为：

a. 独立失效：

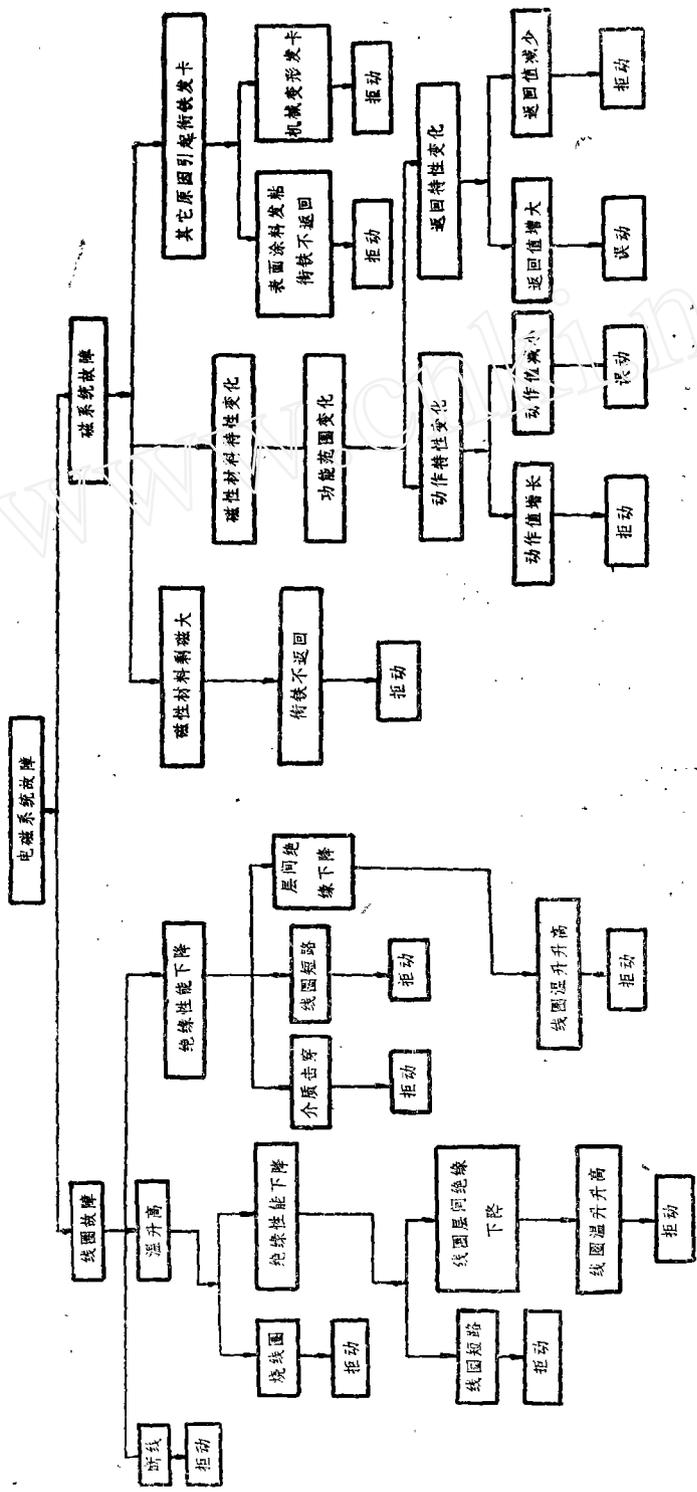


图11 电磁系统故障失效模式方框图

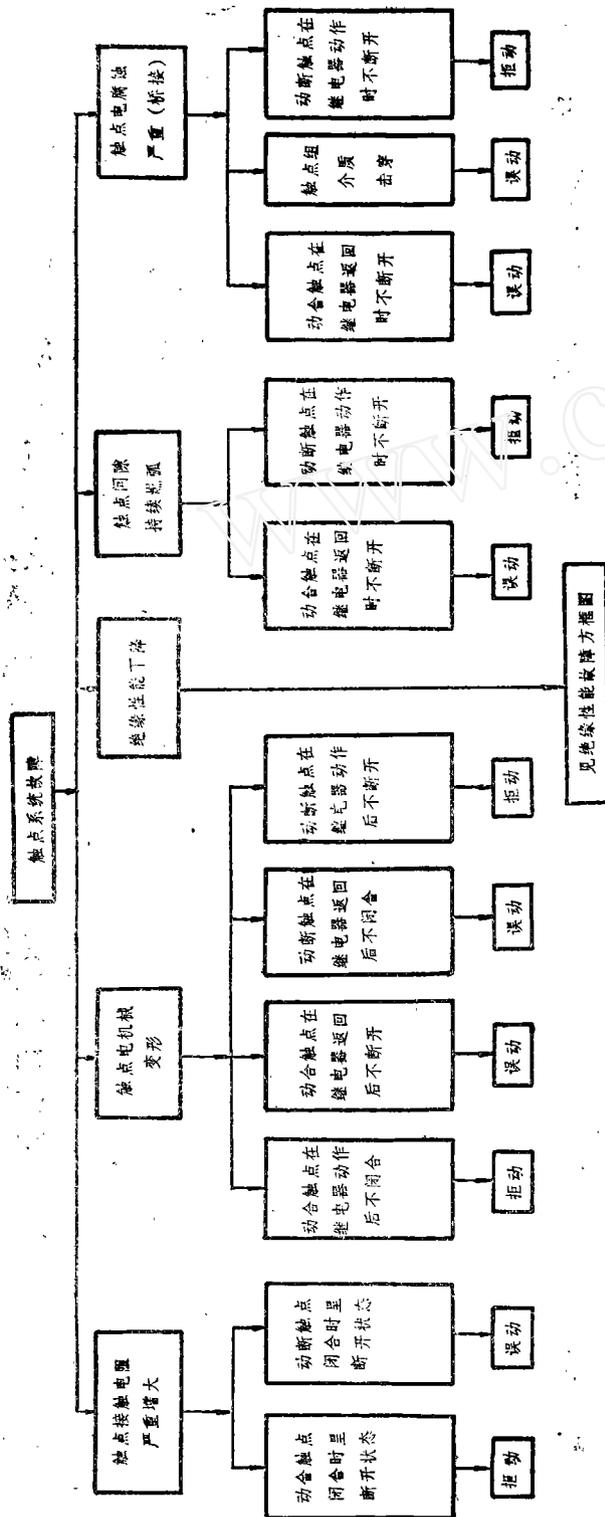


图12 触点系统故障模式方框图

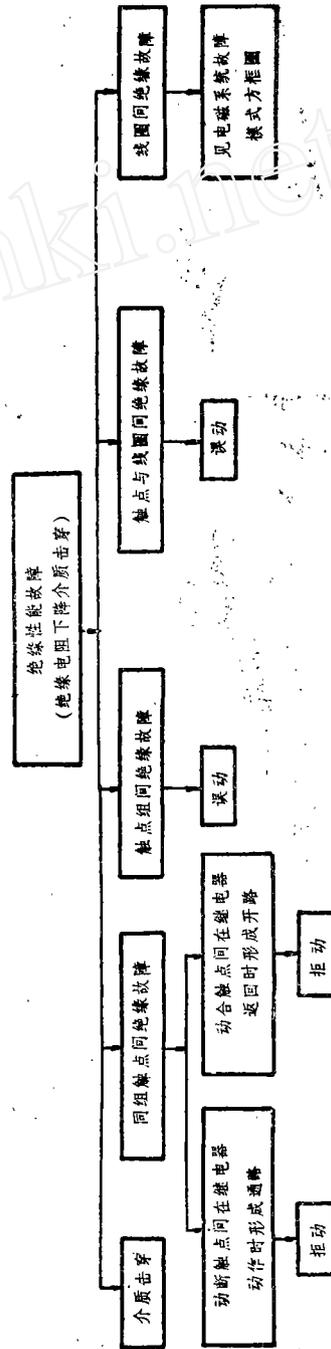


图13 绝缘性能故障模式方框图

由于组成产品某一元器件和零部件的失效而导致产品的失效。

b. 从属失效:

由于独立失效直接或间接引起另外相关联的元器件或零部件失效所导致产品的失效。

c. 间歇失效:

同一产品在规定时间内多次出现的同一失效, 并且产品在第一次出现失效后, 未经采取任何措施能自行恢复其功能, 而后又在同一部位多次出现的同一失效。

d. 偶然失效:

产品在规定时间内仅出现一次失效, 而后未经采取措施能自行恢复功能的失效。

e. 重复失效:

在相同或等效的条件下, 产品先后出现两次或两次以上的失效。

重复失效可以发生在产品的相同部位的元器件、零部件, 也可以发生在不同部位, 但用途相同的元器件、零部件, 或同一制造厂所生产的同一类型的元器件和零部件的失效而导致产品失效。但两次或两次以上的失效同时发生时, 不应归于重复失效。

f. 多重失效:

同时出现两次或多次的独立失效。

④按失效的严重程度分为:

a. 致命失效:

能导致人或物重大损失的失效。

b. 失效:

能导致降低产品完成预定功能能力的失效。

(2) 失效的判别

在可靠性试验中发生的所有的失效都应区分是相关失效还是非相关失效, 对于相关失效还应进一步分析是致命失效、严重失效和一般失效。对于致命失效只要出现一次, 就能判为拒收。若为严重失效, 每失效一次都应累计, 并根据累计失效数来判断是拒收还是接收。若是一般失效可根据影响产品完成规定功能能力的严重性和产品使用的重要性、对一般失效次数进行修正。修正系数是小于1的正数来计算失效数, 一般可以按三次一般失效折算为一次严重失效。

在具有可靠性指标的产品总规范中, 应具体规定产品失效判据, 并应划分相关失效和非相关失效的范畴。

①相关失效的范畴:

a. 工艺和设计失效: 由于产品和元器件、零部件设计缺陷和加工工艺及质量管理造成的失效。

b. 零部件失效: 由于零部件有缺陷所造成的失效。对于数个同一型号的元件失效时, 若不能证明是由于一个失效导致另一个或几个失效时, 则每个失效都应分别判为独立失效。记入累积失效数中。

c. 多种失效：当同时发生多个失效，而且每个失效均能独立地导致产品失效。应分别记入累积失效数中。

d. 间歇失效：当产品发生间歇失效时，每第一次作为相关失效，但在同一部位未经修理而相继出现的同一间歇失效应记入非相关失效，但产品中所有间歇失效必须予以排除。

e. 独立失效：记入一次失效。

f. 重复失效：重复失效的每一次失效都应记入失效次数。在重复失效经分析原因采取措施进行修理后，在继续试验过程中不再出现此类失效，则在累计失效中，第一次可以作为相关失效，其余重复失效在本批产品全部经过同样修理后，不再出现同样的反复失效，则其余反复失效可以不计为相关失效，否则应作为相关失效处理。

g. 致命失效：不论失效次数多少可不按正常接收或拒收标准而立即作出拒收的判定。

h. 不管产品在试验期间是否正常，在产品技术条件要求以外的调试期间，凡对产品进行一次调整应计入相关失效。

i. 其它失效：凡被试产品不属于非相关失效范畴的失效，均作为相关失效。

②非相关失效范畴：

a. 直接由于试验设备安装不当或试验仪器、试验设备的失效所造成的失效。

b. 由于操作人员对受试产品进行调整和试验过程中的误操作所造成的失效。

c. 从属失效。

d. 在试验程序方面发生错误所造成的失效。

e. 同一部位第二次出现的间歇失效。

f. 在试验前的处理，寻找故障和修理过程中发生的失效。

g. 超过设计要求的各种过应力造成的失效。

h. 在正常情况下，按产品技术条件要求所规定时间内对产品的调整，应计作非相关失效。

(3) 失效判据：

失效：

(a) 影响产品性能的外观和机械检查的失效。

(b) 有或无继电器工作范围缩小。

(c) 定时限继电器、量度继电器和装置在试验中的其基本性能的特性参数的极限误差超出产品技术条件规定值。

基本性能的特性参数如动作值的极限误差，动作值一致性、动作时间和返回时间误差等。

(d) 绝缘性能的失效判据。

(i) 介质强度：不能耐受介质强度试验电压规定值的75%，（试验前检查应为规定值）。

(ii) 绝缘电阻：试验前性能检查和试验过程中性能检查中，应不低于规定值；

（下转68页）

电气主接线	运行系统电压向量	待并系统电压向量	取得同期电压的接线
<p>小电流接地系统</p>			
<p>大电流接地系统</p>			

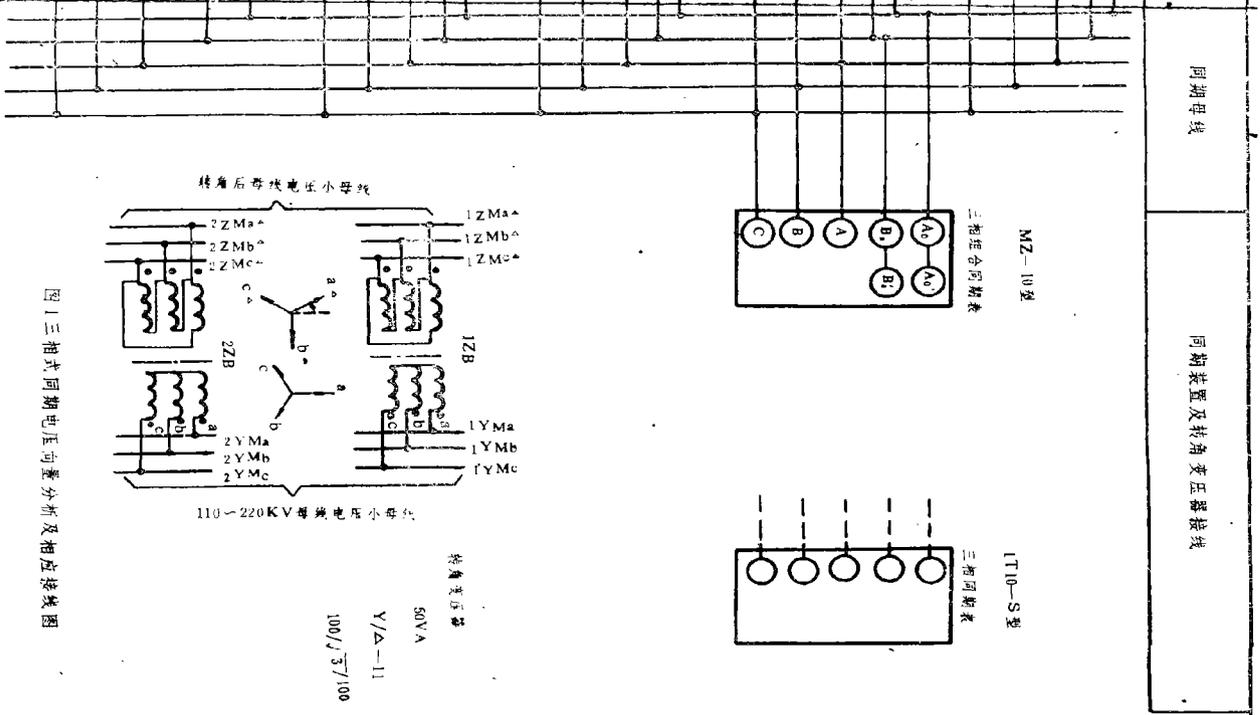


图1 三相六同期电压向量分析及相应接线图

(注: 未接均压A相电压)

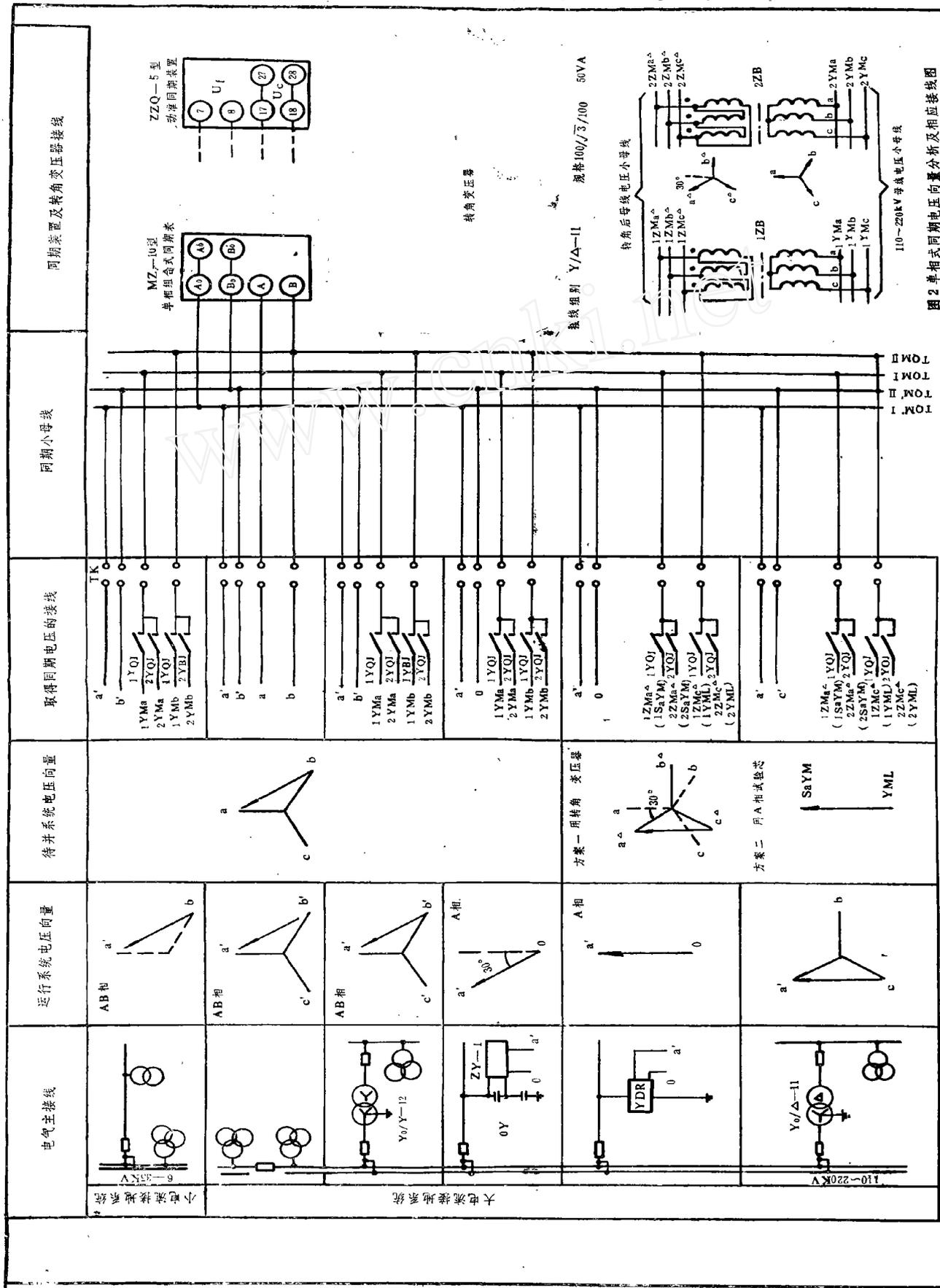


图2 单相式同期电压向量分析及相应接线图

(运行系统均取A相电压)

序	电气主接线	运行系统		待并系统		转角变压器
		电压向量	同期电压接线	同期电压接线	电压向量	

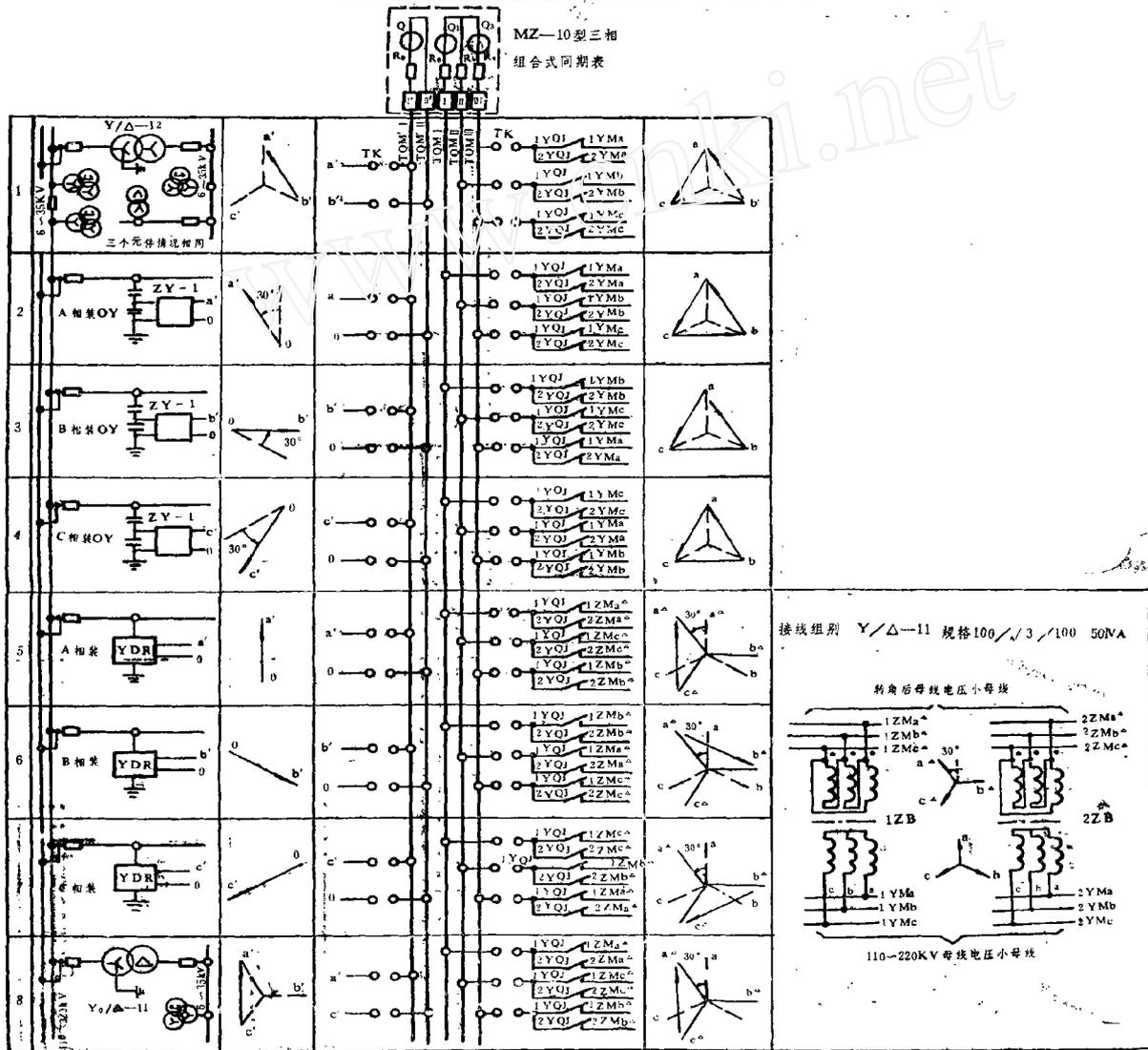


图5 三相式同期电压的不同电压源、不同安装相别混合使用的电压向量和接线图

图号	运行系统	待并系统		转角变压器
		电压向量	同期电压接线	

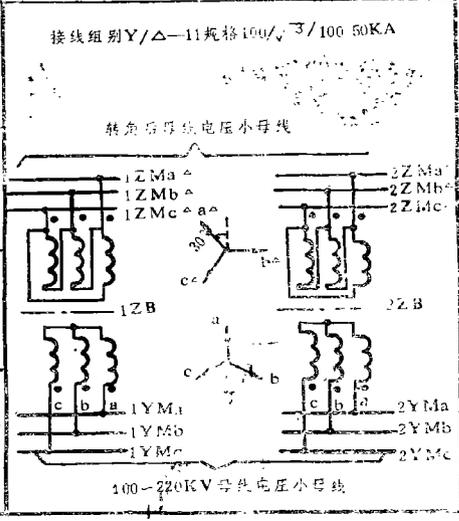
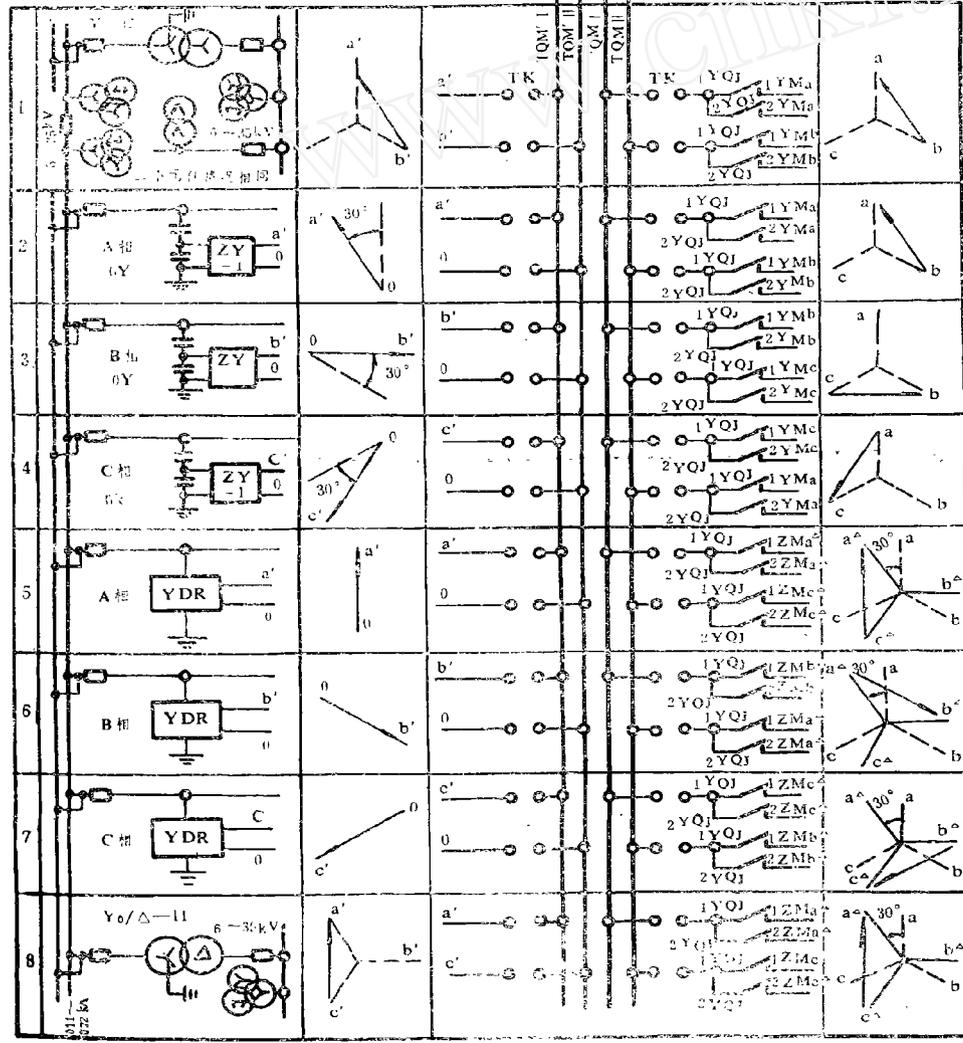
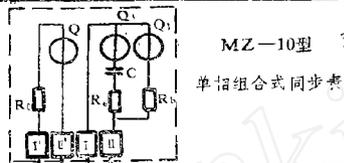
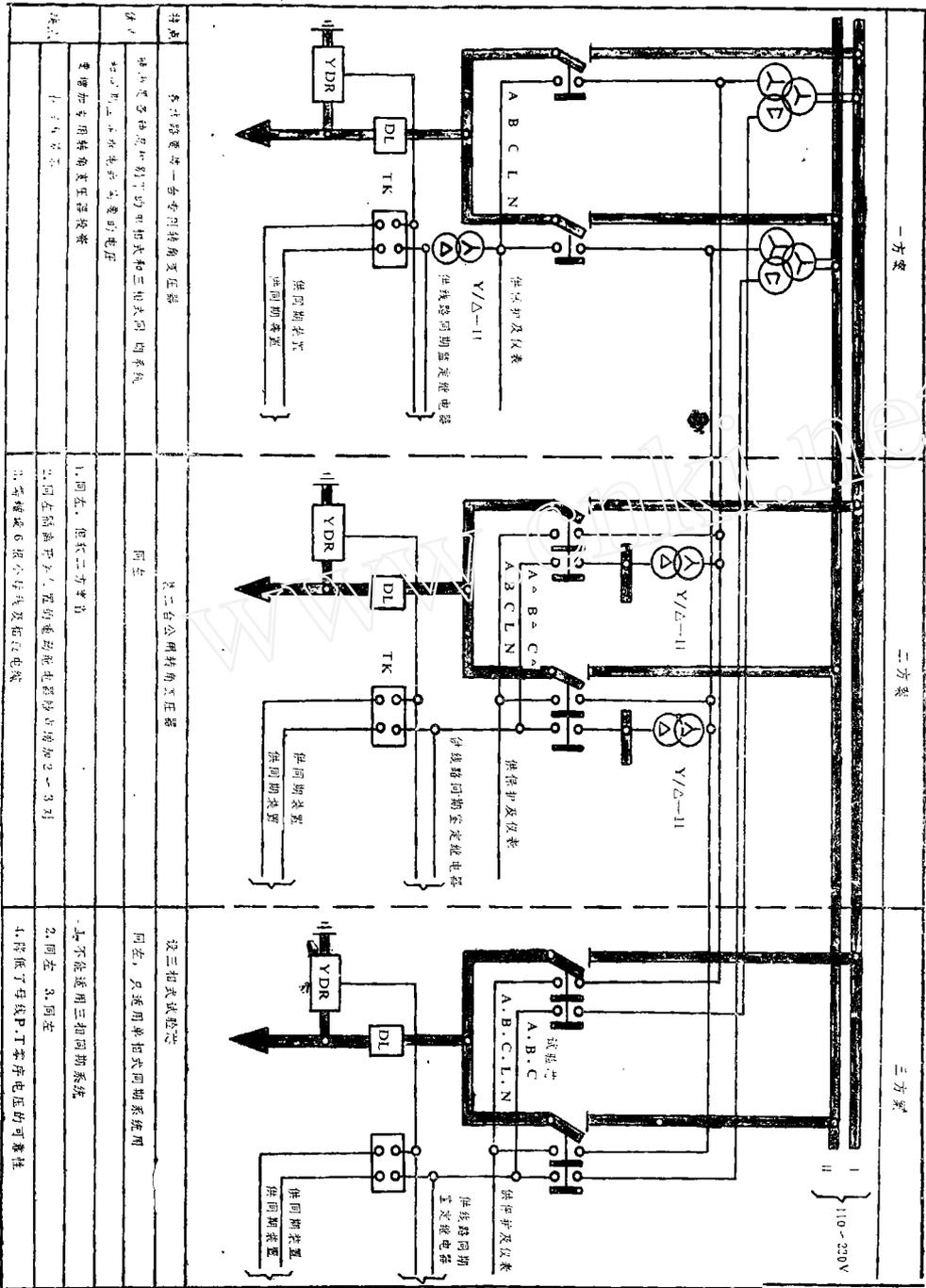


图6单相式同期电压的不同电压源、不同安装组合使用的电压向量分析和接线图



特点	设计简单等一台专用转角变压器	共二台公用转角变压器	设三相式试验室
优点	避免更多抽头引起附加电压和三相不同期系统	同左	同左, 只适用单相式同期系统
缺点	增加专用转角变压器电压	1.同左, 但较二方案贵 2.同左隔离开关, 需的电动机电器部分增加2-3引 3.需增加6根分母线及相应电缆	1.不能适用三相同期系统 2.同左, 3.同左 4.降低了母线P.T零序电压的可靠性

图 8 用 YDR 型设备时的各种接线方案比较图

如果投入LP,当开关在合闸位置时,LP就长期带正电,如果附近压板相距太近,切换时或因其它原因碰及LP就会造成开关误跳。

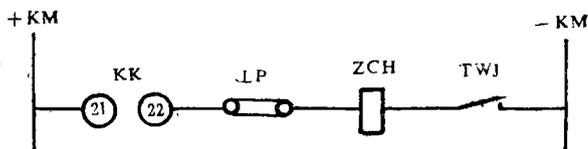


图 6

还有一些退出重合闸的设计,特别是10kV开关柜,采用退出重合闸继电器,压板投入后就长期带正电,见图6所示。

综上所述:要防止压板相碰造成保护误动,又要考虑布置美观紧凑,则必须注意下述几点:

1. 统一压板上柱头与下柱头的电压,一般应下柱头带负电,上柱头接至正电(如果不统一上下柱头电压,对图5、图6情况,压板距离就要按图2所述要求才能防止误碰跳闸。)

2. 防止压板间上下柱头相碰(特别是对于上下两排压板,在上排压板退出后不得触及下排压板上柱头。

3. 防止压板长期带正电,如果有长期带正电的压板,必须保证不得有与相邻压板相碰误跳开关的可能。

~~~~~

(上接封三)

试验后应不低于规定值的0.1倍。

(e) 触点系统的失效判据:

(i) 动合触点在动作过程中不闭合,在返回时不断开。

(i i) 动断触点在动作过程中不断开,在返回时不闭合。

触点系统失效判据的考核办法:

在可靠性寿命试验过程中,触点行为一般可用一低电平负载(如电压为6伏、电流为10mA的电源)监测。触点闭合时的电压应不大于5%电源电压,触点断开时的电压不低于30%电源电压。

(i i i) 触点间持续燃弧。

(i V) 触点电路的永久性变形或引起继电器其它部位的损坏。

(f) 电磁系统中线圈失效判据:

(i) 线圈温升超过规定值。

(i i) 线圈电阻超出规定值的15%(直流电压型)。

②致命失效:

(a) 触点系统出现熔接或其它形式的粘接。

(b) 衔铁系统出现卡死或其它的粘接。

(c) 线圈产生液化、碳化现象。

更正:1988年第4期73页,在编者按第9行中陆俭国副教授改为教授。