

累加定子电流的微机型电动机过负荷保护新方案

徐 磊 华东电力设计院(200063) 徐先勇 合肥工业大学(230009)

【摘要】 在分析电动机传统的反时限过负荷保护的基础上,提出一种基于解微分方程的过负荷保护新方案。这一微分方程是描述电动机定子绕组的发热模型,它能真实地反映其过负荷时的温升特性。微分方程求解的结果是一个累加定子电流的递推公式,该递推公式用作新的保护判据,为实现这一保护新方案,文中给出了用于微处理机的程序框图。

【关键词】 累加定子电流 过负荷保护

1 传统的反时限过负荷保护及其局限性

电动机传统的过负荷保护大都具有反时限特性,即允许过负荷的时间与其过负荷电流的大小有关,过负荷电流越大,允许过负荷的时间越短。

反时限过负荷保护的動作特性:

$$t = \frac{K}{I^2 - (1 + a)} \quad (1)$$

是根据电动机定子绕组温升过程为一绝热过程的假设推导的。设电机在额定工况时定子绕组流过的电流为 I_N , 过负荷时流过的电流为 I_{ov} , 则与其对应的铜损分别为 $\Delta P_N = I_N^2 r$, $\Delta P_{ov} = I_{ov}^2 r$ 。依据绝热过程这一假设,则过负荷过程 Δt 时间内铜损产生的热量将全部转化为定子绕组的温升 $\Delta \theta$

$$\text{即 } \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{\Delta P_{ov} - \Delta P_N}{C_r} = \frac{\Delta P_N}{cG} \left[\left(\frac{I_{ov}}{I_N} \right)^2 - 1 \right]$$

式中 C_r ——导体的热容量(瓦·秒/)。热容量 C_r 的意义是导体温度每升高 1 所需要的热量, $C_r = cG$;

c ——定子物体材料的比热,即将 1 公斤物体温度升高 1 时所需热量的焦耳数(J/kg ·);

G ——定子物体的重量(kg)。

假设允许温升 $\Delta \theta = \theta_n - \theta$ 给定,对应于某一定的过负荷值 I^* (设 $I^* = I_{ov}/I_N$), 就有一定的允许过负荷时间 $t = \Delta t$ 。

$$\text{即 } t = \frac{(\theta_n - \theta) cG}{\Delta P_N} \cdot \frac{1}{(I^{*2} - 1)} = \frac{K}{I^{*2} - 1} \quad (2)$$

式中 θ_n, θ ——分别为定子绕组的允许温度、额定工况时温度();

$K = \frac{(\theta_n - \theta) c_r}{\Delta P_N}$ ——与定子绕组热容量和温升等有关的常数。

式 2 就是传统的反时限过负荷保护的動作判据,它所表示的定子绕组过负荷允许时间 t 将过于保守。因为由过负荷电流所产生的热量总是要向周围介质散失一部分,这就是说实际允许的过负荷时间将大于上式的 t 。为了弥补这缺陷,传统的处理方法是加以修正系数。因此保护装置動作特性的函数形式变为如式 1:

$$t = \frac{K}{I^{*2} - (1 + a)}$$

式中 a ——与定子绕组温升特性、温升裕度等因素有关的修正系数,一般 $a = 0.01 \sim 0.02$ 。

式 1 显然表明,修正系数 a 的作用受过负荷值 $I \cdot$ 的影响较大。当过负荷电流较大时, a 几乎没有什么作用;但对过负荷电流比较小时,如 $I \cdot < 1.1$ 时, a 的修正将使允许过负荷时间显著增长。因此,增添 a 修正系数对改善保护装置动作特性的合理性缺乏理论依据。

2 基于解微分方程的温升特性

电动机的不正常工作状态,主要是过负荷运行。长时间的过负荷运行,将使电动机温升超过允许值,从而加速绕组绝缘老化,甚至将电动机烧坏。

电机发热理论研究表明,电动机持续运行的容许负荷,主要取决于定子绕组的温升,即定子电流的大小为电动机过负荷的主要依据。因此,对于电动机尤其是大型电动机,合理地模拟定子的温升特性,更好地反映定子的过负荷能力,显得尤为重要。

依据均质固体的发热理论,同时为简化通常可把各个部分发热过程分开计算。因此电动机定子绕组的温升特性可以采用以下形式的微分方程予以描述:

$$Q dt = (I_{0v}^2 - I_N^2) r dt = cG d\theta + \alpha S \theta dt \quad (3)$$

式中 Q ——定子物体在每秒钟内所产生的热量,如热量的单位用 J 表示,则 Q 的单位为 W;

r ——定子绕组的电阻(Ω);

α ——散热系数,即每平方米表面,每度温差,每秒时间内所散发的热量焦耳数($W/m^2 \cdot s$);

S ——冷却表面积(m^2);

θ ——定子绕组的温升($^\circ C$);

其他符号意义同式 2。

式 3 为定子绕组过负荷运行时的热平衡微分方程。方程的左边是在时间间隔 dt 中,定子绕组由于过负荷而发出的热量 $Q dt$ 。方程的右边分为两部分,这一热量的一部分 $cG d\theta$ 将贮藏在定子中而使其温度升高 $d\theta$ 度;另一部分 $\alpha S \theta dt$ 将散失于冷却介质中。这一热平衡微分方程在考虑发热的同时,也考虑了热量向周围介质的散失,真实地反映了电动机在过负荷状态下实际的温升过程。

式 3 为一阶线性微分方程,其方程的通解为: $\theta = \frac{Q}{\alpha S} + A e^{-\frac{\alpha S}{cG} t}$ (4)

式中 A ——待定常数,可由初始条件确定。

已知初始条件 $\theta|_{t=0} = 0$,即负荷不变化时,绕组温度与周围介质相等,初始温升为零。将初始条件代入通解得出待定常数 A 为:

$$A = -\frac{Q}{\alpha S} = -\frac{(I_{0v}^2 - I_N^2) r}{\alpha S}$$

将 A 式代入通解式 4 中,即得微分方程的解为:

$$\theta = \frac{(I_{0v}^2 - I_N^2) r}{\alpha S} (1 - e^{-\frac{\alpha S}{cG} t}) \quad (5)$$

式 5 就是电动机定子绕组过负荷运行时的温升特性表达式,其变化过程如图 1 所示。这与电动机实际的发热过程曲线有相似的形式。

3 反时限过负荷保护动作特性与温升特性的内在联系

将温升特性式 5 中的指数项进行泰勒级数的展开,并取其前两项可得:

$$e^{-\frac{\alpha S}{cG}t} = 1 - \frac{\alpha S}{cG}t$$

将上式代入式 5 得:

$$\theta = \frac{(I_{ov}^2 - I_N^2)r}{cG} \cdot t = \frac{I_N^2 r}{cG} (I^2 - 1)t \quad (6)$$

其中 $I_N^2 r = \Delta P_N$ 为常数, $c \cdot G$ 也为常数, 取 θ 为允许的温升 θ_m , 则由式 6 可得出过负荷的允许

时间为: $t = \frac{\theta_m cG}{\Delta P_N} \cdot \frac{1}{(I^2 - 1)} = \frac{K}{I^2 - 1}$

上式与式 2 完全一样, 可见传统的反时限过负荷保护装置的动作特性, 是在式 5 微分方程解的基础上, 经过适当简化而得来的, 正如图 1 中以切线 ST 代替温升特性曲线 SC 的简化。

由上述简化过程可以看出, 对指数项的级数展开只取其前两项, 当时间 t 很小时对这一简化不会带来太大的误差。但当 t 较大时, 特别是象电动机在低倍过载这样长时间的延时, 上述简化将会带来较大的误差。正如图 1 表明的, 按定子绕组温升曲线 SC , 电机允许的过载时间为 t_m ; 而以切线 ST 代替曲线时, 反时限过负荷保护的允许时间为 Δt 。这就导致过早地将电动机切除, 未能充分地发挥其承受过载的能力。

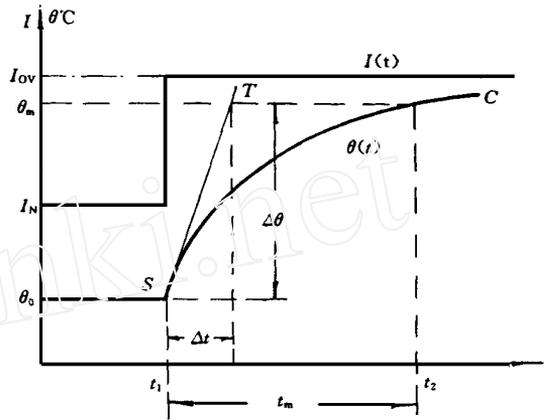


图 1 定子绕组过负荷运行时温升特性曲线

4 累加定子电流的过负荷保护新方案

电动机理想的过负荷保护动作特性应能模拟定子绕组的温升曲线 SC , 它实际上是其热平衡微分方程的解, 显然该曲线若用集成电路型等模拟式保护很难实现, 而用微机数字式保护较易实施, 这可充分发挥微机的数值运算以及存贮记忆功能。

4.1 累加定子电流的递推公式

为了适应微机对算法的要求, 对式 3 微分方程可进行离散化求解, 即划分等时间间隔 Δt , 在每个时间间隔内对微分方程进行求解。需要明确的是, 这里的求解间隔与微机保护的采样间隔是两个概念。

如前所述, 式 3 微分方程的通解如式 4 所示, 现按间隔 Δt 重列如下:

$$\theta = \frac{Q}{\alpha S} + A e^{-\frac{\alpha S}{cG}\Delta t}$$

式中 A 为待定常数, 由初始条件确定, 现分别确定不同时间间隔的初始条件:

设第一个求解间隔 Δt 内, 定子电流的采样值为 I_1 , $Q = (I_1^2 - I_N^2)r$, 初始条件为 $\theta|_{t=t_0} = 0$,

即初始温升为零。则 $A = -\frac{Q}{\alpha S} = -\frac{(I_1^2 - I_N^2)r}{\alpha S}$ 所以第一个间隔 Δt 末的温升 θ 为:

$$\theta = \frac{(I_1^2 - I_N^2)r}{\alpha S} (1 - e^{-\frac{\alpha S}{cG}\Delta t})$$

与前述式 6 一样, 这里也对指数项作泰勒级数展开, 并取其前两项: $e^{-\frac{\alpha S}{cG}\Delta t} = 1 - \frac{\alpha S}{cG}\Delta t$ 由于这里的 Δt 是毫秒级的, 略去高次项所引起的误差很小, 这一简化处理是可行的。因此可得:

$$\theta = \frac{I_N^2 r}{cG} (I_1^2 - 1)\Delta t$$

变形可得: $\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t} = I_{*1} - 1$ 其中 $I_{*1} = I_1 / I_N$

第一个间隔末的温升 θ 已解出, 则 θ 可作为第二个时间间隔求解的初始条件, 则第二个间隔 Δt 中 A 为: $A = \theta - \frac{(I_2^2 - I_N^2)r}{\alpha S}$

其温升 θ 为: $\theta = \frac{Q}{\alpha S} (1 - e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}) + \theta e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}$ 将其括弧内指数项作泰勒级数展开, 同理可得

$$\theta = \frac{I_N^2 r}{cG} (I_{*2}^2 - 1) \Delta t + \theta e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}$$

变形可得: $\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t} = (I_{*2}^2 - 1) + \frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t} e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}$

经过以上推导, 同理可得出第 k 个时间间隔 Δt 末的温升 θ , 可由以下递推公式求得:

$$\theta = \frac{I_N^2 r}{cG} (I_{*k}^2 - 1) \Delta t + \theta_{k-1} e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t} \quad (7)$$

变形可得: $\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t} = (I_{*k}^2 - 1) + \frac{cG\theta_{k-1}}{I_N^2 r \Delta t} e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}$ (8)

式 8 为经过变形后的递推公式, 这就是对定子绕组温升过程的离散化描述。即每一个时间间隔内定子电流标么值 $(I_{*k}^2 - 1)$, 累加到上一个时间间隔末的累加结果中去, 而且累加前上一个间隔的累加结果 $\frac{cG\theta_{k-1}}{I_N^2 r \Delta t}$ 必须先乘以衰减系数 $e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}$, 累加后即成为本间隔的累加结果 $\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t}$ 。同时这一累加结果将代入下次递推过程中使用。

式 8 累加结果 $\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t}$ 中, 其 cG 、 $I_N^2 r$ 均为常数, Δt 取定后也为常数, 所以只有温升 θ 在累加中变化, 可见电流 $(I_{*k}^2 - 1)$ 累加的结果就是对定子绕组温升的直接反映。同时电流 $(I_{*k}^2 - 1)$ 的累加, 使得递推过程变得非常简单明了, 这种算法用微机很容易实现。

4.2 过负荷保护的方程及其比较

根据式 8 可知, 累加的最终结果应使绕组温升达到允许温度 θ_n , 因此过负荷保护装置的动作整定值应为 $\frac{cG\theta_n}{I_N^2 r \Delta t}$, 当累加值大于该整定值时, 即认为温升超过允许值。

这样, 过负荷保护的动作方程应为:

$$\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t} = (I_{*k}^2 - 1) + \frac{cG\theta_{k-1}}{I_N^2 r \Delta t} e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t} \quad \frac{cG\theta_n}{I_N^2 r \Delta t} \quad (9)$$

对于传统的反时限过负荷保护, 由式 2 可知其延时与电流的关系为: $t = \frac{K}{I^2 - 1}$

根据上述用微机算法实现时也必须离散处理, 同理可得传统的反时限过负荷保护的动作方程:

$$(I_{*k}^2 - 1) \frac{cG\theta_n}{I_N^2 r \Delta t} = \frac{K}{\Delta t} \quad (9)$$

由式 9.9 可知, 同样是累加 $(I_{*k}^2 - 1)$, 但两者累加形式及其模拟的温升曲线却有本质的差别。对于传统的反时限过负荷保护, 其累加形式为: $K_1 + K_2 + \dots + K_n = (I_{*k}^2 - 1)$ 模拟的温升曲线是一条斜率一定的直线, 如图 1 中 ST 。对于过负荷保护新方案, 其累加形式为:

$$K_1 + (K_2 + K_1 e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}) + [K_3 + (K_2 + K_1 e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}) \cdot e^{-\frac{\alpha S}{cG} \Delta t}] + \dots$$

模拟的温升曲线是类似抛物状上升曲线, 与实际温升过程相吻合, 如图 1 中 SC 。

4.3 动作方程的实施处理

式 9 中的 $\frac{cG\theta}{I_N^2 r}$ 可称为时间常数 τ , 其性质等同于反时限过负荷保护中的时间常数 K , 量纲为秒, 数值大小决定于定子绕组热容量、允许温升以及额定工况时的铜损。当时间间隔 Δt 确定后, 则 $\frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t}$ 也将成为无量纲的常数。该常数本质上的物理意义可理解为温升的整定值。根据递推公式, 关于电流标么值 ($I^2_k - 1$) 的累加结果也是一无量纲的常数, 则两者完全可以比较判断。

动作方程式 9 中的衰减系数 $e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}$ 在算法上可以这样处理: 其中 $\frac{cG}{\alpha S}$ 为电机绕组温升固有的时间常数, 在理论上可以通过计算求得, 但实际上若想较准确的算得是困难的。为此现令 $T = \frac{cG}{\alpha S}$

$$\text{并取 } e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = e^{-\frac{\Delta t}{T}} = \frac{255}{256} \tag{10}$$

这样处理是为了计算方便且又近似实际。而 255/256 用十六进制可表示为 FF/100(H), 实际计算时乘以 FF(H), 再将结果右移 8 位即可。

例如 $T = 2$ 分钟, 则 $\Delta t = -T \ln \frac{255}{256} = 0.004T = 0.48$ 秒, 即每隔 0.48 秒作一次衰减运算。

对时间常数 $\tau = \frac{cG\theta}{I_N^2 r}$ 的整定, 可根据实际使用电机的材料、定子重量、额定铜损以及允许温升来计算确定, 或根据经验估计。为满足不同型号的电机, 保护装置可设定时间常数整定范围, 例如 2 ~ 62 分钟, 每档 2 分钟, 根据需要调整。

4.4 对于电机停运、再启动的处理

当电动机在一定温升时, 如果停止运行, 则定子电流为零, 停止产生热量, 此时电机将散热直到与冷却介质温度相等。用微分方程表为: $cGd\theta + \alpha S \theta dt = 0$

按照上述离散化求解微分方程的方法处理, 可得:

$$\theta = \theta_{-1} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}$$

$$\text{变形后得: } \frac{cG\theta}{I_N^2 r \Delta t} = \frac{cG\theta_{-1}}{I_N^2 r \Delta t} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \tag{11}$$

式 11 表明, 散热过程就是将电机运行过程中累加的结果作衰减运算。

当累加值还未衰减到零时, 如电动机又重新启动运行, 并且过负荷, 则经过衰减的累加值将作为初始条件参与发热过程的计算。为防止在过热情况下重复启动, 在停运的程序分支中, 增加了将累加值与二分之一整定值进行比较, 若大于它则将电动机启动回路闭锁。

4.5 电流有效值的数据采集、处理及数字滤波简述

本保护方案的判据是以电动机三相电流的有效值计算为基础, 因此在保护软件中必须将采集到的有关电动机电流的数据信息加以处理计算, 使致正确反映其电流的变化情况, 为保护算法提供计算依据。

目前微机保护装置中应用的模数变换器 A/D, 绝大多数基于逐次逼近原理, 难以达到高精度分辨率的要求, 用 CPU 的接口技术较复杂, 也不利于多 CPU 并行结构工作方式的实施。为此本方案数据采集系统可采用电压频率变换 (VFC) 技术构成的 A/D 方案, 如图 2 所示。

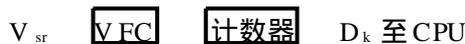


图 2 用 VFC 实现 A/D 转换原理

对于有效值的算法采取结合差分滤波的半周波积分有效值算法, 最终有效值的计算公式

$$\text{为: } U = \frac{(\omega R_{\sigma})^{12}}{2\sqrt{2} N=7} |U(N) - U(N-6)| \quad (12)$$

在程序中数据处理及有效值计算是在软件定时器中断服务程序中进行。上述处理经微型电动机相关成套保护装置的研制实施证明, 该方法精确有效, 而且简便计算量小。

4.6 累加定子电流的微型过负荷保护新方案

经电动机成套保护装置的研试, 其累加定子电流的微型过负荷保护新方案有效、可靠, 实施的软件框图如图 3 所示。

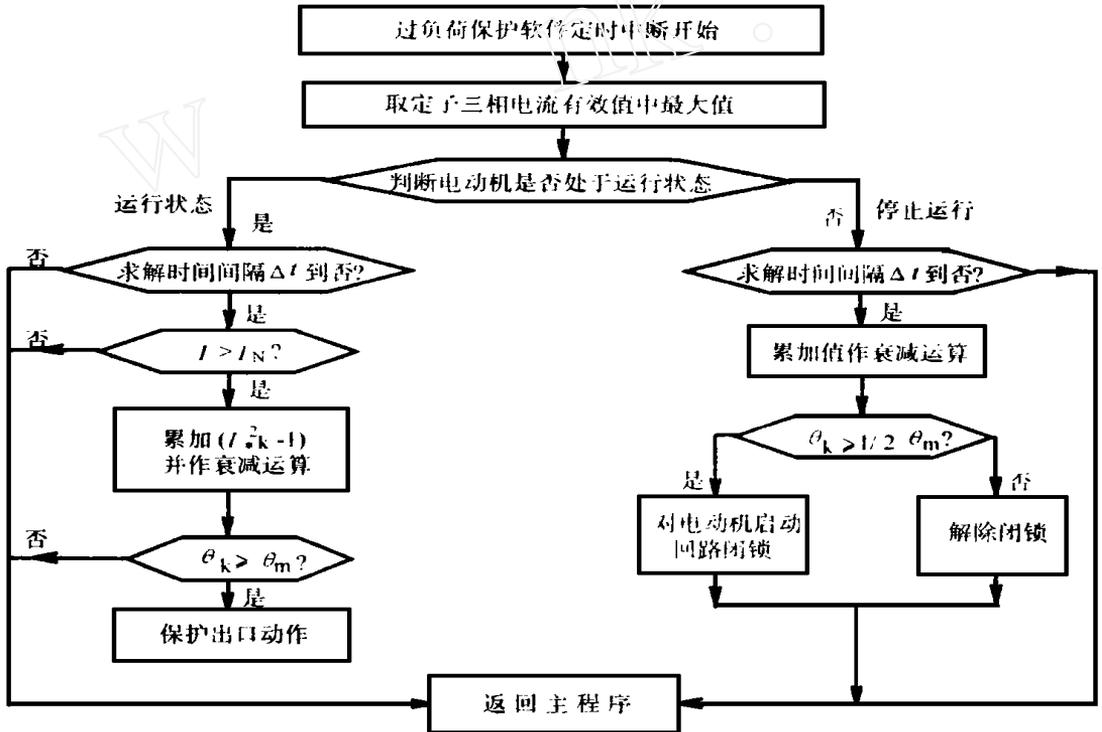


图 3 累加定子电流的电动机过负荷保护新方案原理框图

5 结论

本文提出的累加定子电流的微型电动机过负荷保护新方案有以下特点:

采用解微分方程的温升特性, 较真实地反映了电动机过负荷时实际的发热温升过程, 再现电动机实际的过载能力;

累加定子电流的递推公式动作方程, 既是电动机定子绕组温升过程的离散化描述, 也是微机极易实现的理想算法, 这是该保护新方案实施的核心问题, 与传统的反时限过负荷保护有其本质的差别;

定子电流是电动机过负荷的主要依据, 其有效值的采样、处理可采用 VFC 技术与数字滤波及半波积分算法有机结合, 其方法精确有效, 且简便计算量小, 较易实现;

本文提出的累加定子电流的过负荷保护新方案原理, 同样可用于发电机过负荷保护的实施。

(下转 59 页)

(4) 解决方法

对于换相对保护的影响的解决方法, 根据规范要求应尽量避免电流互感器二次侧切换。国内厂家提出: “数字式保护装置利用软件对电流或电压的相位进行切换”。因此采用数字式保护装置能够不进行硬件切换而解决换相对保护的影响, 但会增加软件的复杂性。而国外厂商则在发电和抽水时各装一套保护装置, 这样做简单、可靠, 但增加投资。

对于双转速对保护的影响的解决方法, 国内厂家提出可以由软件自动切换查找定值来解决, 与解决换相的影响的方法基本相同。而国外厂商则采取装两套保护的方法解决。

关于低频对保护的影响, 目前主要问题是电流的低频传变性能, 我们将进一步与互感器生产厂家协商解决。

3 装置的选型

3.1 国外情况

有关抽水蓄能机组保护, 国外有多家大公司均可提供成熟的产品, 如奥地利伊林公司, 意大利 TBB—DPEW 公司以及法国通用电气阿尔斯通公司等。我国有不少已建和在建抽水蓄能电站工程均选用国外产品, 如十三陵、潘家口、天荒坪以及广州一期等, 但这大都是常规实现方式, 微机保护还不多见。

3.2 国内情况

我国发变组成套保护发展迅速, 无论是常规式还是微机式都能对各种容量的发变组提供完善的成套保护, 但对于抽水蓄能机组, 还没有成熟的产品。不过, 国内几个主要继电保护生产厂家都已开始着手进行这方面的微机保护研制工作, 和常规实现方式相比, 微机保护实现起来更方便一些, 尤其是对一些关键技术问题, 目前已有一些切实可行的解决方案。

3.3 选型

比较国内外情况, 国外蓄能机组保护装置产品成熟, 运行经验丰富, 性能可靠, 但价格很高。虽然国产抽水蓄能机组保护装置还不成熟, 但对有关特殊问题进行妥善解决, 满足设计要求, 而且价格低廉, 售后服务周到, 再者, 本工程其它机电产品全部立足于国内, 二次保护装置也理应国产化。综合上述经济和技术两方面分析结果, 我们最终选用国内许继电气公司产品。

(上接 32 页)

参考文献

- 1 南京工学院. 周鹗等. 电机学. 水电出版社, 1988. 6
- 2 天津大学. 电力系统继电保护原理. 水电出版社
- 3 Zochoil S. E., Schweitzer F. O: "Thermal Protection of Induction Motors Enhanced by Interactive Electrical and Thermal Models", IEEE Transaction on Power Apparatus and System, 1984, PAS- 103 (7): pp1749- 1755
- 4 Elton A. H., Moharari N. S: "Motor Temperature Estimation Incorporation Dynamic Rotor Impedance, IEEE Transaction on Energy Conversion, 1991, 6(1): PP107- 113
- 5 姚晴林. 对 RAMDE 型电动机保护装置的分析
- 6 徐磊, 徐先勇. 用于温升计算的感应电动机模型. 国外大电机, 1993. 6
- 7 张振华等. 适用于微机保护的模数变换器新方案探讨. 电力系统及其自动化学报, 第 1 卷第 1 期. 1989. 9

RELAY

Vol. 25 No. 5

Oct 1997

CONTENTS AND ABSTRACTS (Part 1)

THEORETICAL STUDY AND APPLICATION

Research on the Expert System of Setting Calculation for Zero- Sequence Current Protection of HV network **Chen Yonglin et al(1)**

Applying expert system theory and intelligent program designing method and combining conventional setting calculation of zero- sequence current protection, an expert system of setting calculation for zero- sequence current protection has been developed. The system better realizes the effective combination of value calculation and logic inference and is easy for realization of the expert system's behaviour. By practical calculation, its result can satisfy the requirement.

Keywords: Setting calculation of protective relay Expert system

Parallel Multiloop Transmission Lines Produce Circulating Current and its Compensation

..... **Wei Gang, Zhang Yichen (6)**

This paper discusses when parallel multiloop transmission lines may result in induced voltage and circulating current. The EMTP program is used to compute model system. The method for compensation of circulating current is discussed and the method is effective for distortionless operation of protective relays.

Keywords: Multiloop transmission line Parallel Circulating current Compensation

Discussion on the Problems Existing in Phase- Comparison Pilot Relay **Yang Chuenming et al(11)**

After analyzing the problems of analog phase- comparison pilot relays that run in our power system, this paper discusses some difficulties when realizing digital phase- comparison relay according to the approach of realizing analog phase- comparison relay. In the same time, the paper analyzes the existing problems of power line carrier and provides the corresponding resolving method. Some foundation viewpoints for the design of new type digital phase- comparison relay are presented.

Keywords: Phase- comparison pilot relay Microprocessor- based protective device Power line carrier communication system

A New Approach of Evaluating Phasor Mode **Zhou Dam in (15)**

A new approach of evaluating phasor mode is presented in this paper. Contrasting with other methods, the approach is of higher approaching accuracy, and in four subdivisions its maximum error is less than $7.87510^{-3}\%$. Thus it is of higher practical value in microprocessor- based protective and control devices.

Keywords: Evaluating phasor mode Approach

A Kind of Approach for Judging Metal- Fault **Cui Jingan Wang Anding (18)**

A kind of approach for judging metal- fault is presented basing on the practical case that majority of locating algorithms from single- end can evaluate accurate fault distance at metal fault or short- circuit with less transient resistance. The approach is tested using EMTP and its result proves the approach is correct.

Key words: Fault HV transmission line Short- circuit

NEW TECHNIQUE AND SCHEME

Initial Discussion on Transmitting Protection Signal on Power- Line Carrier in Multi- Purpose Mode

..... **Jiang Lin in (21)**

A kind of HF protection communication- "transmitting audio protection signal on PLC in multi- purpose mode" is discussed in this paper. Because of increasing shortage of carrier frequency on power network, demand on using channel in multi- purpose mode is increasing strongly. Using PLC to transmit protection signal is an economic and reliable transmission mode, no matter now or in the future. Transmitting audio protection signal on PLC in multi- purpose mode belongs in 'edge science' between communication field and protection field and needs engineers of the two fields to make research together.

Keywords: PLC Teleprotection Simultaneous multi- purpose Alternative multi- purpose

The New Microprocessor- Based Overload Protection Scheme of Motor through Accumulated Stator Current

..... **Xu Lei, Xu Xianrong (27)**

After analyzing the conventional time- inverse overload protection of the motor, the paper presents a new thermal overload protection scheme basing on the solution of a differential equation. This differential equation is established from the motor winding's thermal model. It really reflects the increasing procedure of temperature when the motor is overloaded. The result of solution is a recurrence formula of accumulation stator current which is used as the protection criteria. To realize the new protection scheme, the microprocessor- based block diagram is presented.

Keywords: Accumulated stator current Overload protection

NEW PRODUCT DEVELOPMENT

Development of SF- 501 Transceiver Specially Used for Bypass HF Protection **Daidechao, Zhou Jieshi**(33)

The development of SF- 501 transceiver specially used for bypass HF protection and its feature are described in this paper. The transceiver can change its working frequency by switching- over the button on its panel like TV set. Its frequency- change technique is of leading level in Chinese similar products and it will provide great convenience for the operators of bypass HF protection.

Keywords: Bypass HF protection Transceiver Simultaneous switch- over

Transient Signal Generator **Dong Xinzhou et al**(38)

The necessity, the feasibility and the principle of TSG is discussed. TSG consists of the microcontroller 8031 and the D/A converter. It can convert the EMTP calculation result to analogue signal. It is an effective tool in the study of digital relay and other automatic devices. It has already been applied in the test of fault locator XC- 11. The result shows that it is successful.

Keywords: Electric power system Protection Fault location Signal generation

EXPERIENCE EXCHANGE

Analysis on the Cause of Refusal to Operate of Zero Sequence Protection in WXH- 11x Microprocessor- Based Line Protection Device **Li Yijun**(41)

Referring to one case of refusal to operate of zero sequence protection in WXH- 11x microprocessor- based line protection device, the influence of secondary voltage phase shift of the voltage transformer used for the microprocessor- based protection on the operation of the microprocessor- based zero- sequence protection is analyzed in this paper.

Keywords: Microprocessor- based zero- sequence protection Refusal to operate Secondary voltage Phase shift

Plotting of Phasor Diagram of Sine AC Circuit **Li Zhongqiang**(46)

The definition of sine current and voltage arrow head symbols and their positive direction is described by some practical examples. The phasor arrows of potential rise and voltage- drop are represented in same principle, that is to say, directed to high potential. The presentation of voltage and current of general sine AC circuit and the plotting of phasor diagram are also analyzed basing the principle.

Keywords: Phasor diagram Sine AC circuit Current Voltage Potential

Discussion on the Operation of Reclosers Arranged for the Microprocessor- Based Protections and Other Protections in Our Province **Yie Xuexiang**(51)

Operation and Improvement of the Reclosers of Small Power Supply System in 110kV Network **Tan Qiong**(54)

Arrangement Features and Type Selection of Xianghongdian Pumped- Storage Set's Protection **Xue Honglin, Wei Qing**(56)

The protection arrangement and the special problem of the Xianghongdian pumped- storage set and the investigation on protection manufacturers are described.

Keyword: Pumped- storage set Protection

English Editor: Zhang Zhiqiang