

继电保护的自动检测

许昌继电器研究所 陈爱钦

一、内容提要

本文论述了为提高继电器及保护装置的可靠性而设置自动检测装置的必要性，以及施加检测的一般方法，同时论述了为提高检测过程中的可靠性而设置的必要检测程序，最后介绍一种简单实用功能较为完善的自动检测装置，适用于晶体管元件保护，晶体管母线保护以及其它保护的自动检测用。

二、概 述

随着电力工业的不断发展，发电机单机容量及系统容量越来越大，系统电压越来越高，输电线传输容量越来越大，对发电机、变压器、母线、输电线路的保护的要求也越来越高，因此保护装置往往具有复杂的动作特性。随着电子工业的发展，采用电子元件所构成的复杂特性的保护装置广泛应用于大机组保护，母线保护以及超高压输电线路保护。但是由于大量电子元件的采用，器件的损坏导致保护装置发生故障的机会也随之增加，为了防止由于电子元件的损坏而导致保护的不正确动作，提高保护装置的可靠性，装设保护自动检测装置是非常必要的。

继电保护装置的可靠性，一般可分为防止误动和拒动两方面，要防止这二种情况的发生，当然应采用良好的动作原理和设计，增强保护装置的性能，从工艺上加强产品的工艺水平，防止机械损坏，耐久使用，对电子元件进行老化筛选，减少元件损坏率。但是虽然做了这方面的工作，也不能保证绝对不发生损坏的情况，所以，我们一方面要尽量避免损坏的发生，另一方面要做到一旦保护损坏了，也不应使保护不正确动作，危害系统的安全，要尽早地发现这种损坏情况，这一方面的工作，主要由检测装置来完成。

三、施加检测的一般方法

对继电保护进行检测，就是要检验保护的動作功能，首先在检测时要施加一定的讯号即模拟量；一般保护继电器或装置可分为交流回路与直流回路二部分，如果模拟量从交流回路加入，称为交流检测方式，如果模拟量从直流回路加入，称为直流检测方

式。在检测时加入模拟量使被检测的保护作出反应，若保护动作为正确，则称为拒动检测，若保护不动作为正确，则称为误动检测。

1. 交流检测：

将交流模拟讯号通过检测装置加入保护的交流回路，最简便的方法是利用检测继电器的接点去短接、或断开或切换保护的交流回路里的某些环节，其作用相当于在交流回路加里入了一个足够大的交流讯号，检验保护的動作情况。这种方法的好处是不需要外加交流讯号，但是它的适用范围有限；另一种方法是在交流回路施加外加的交流模拟讯号，检验保护的動作情况，通常在被检测的保护继电器电压形成回路中增设交流检测绕组，由于这种方法适用范围广，因此比较实用。

如果在施加交流模拟电源的检测方式中，仔细地计算加入模拟量的大小，使模拟量稍稍超过继电器的整定值使继电器动作，再施加稍稍低于整定值的模拟量则继电器不动作，说明继电器动作正确，这样二步检测，不仅能检测继电器有否损坏现象，还可以检验继电器的整定值的正确与否，这种检测方式虽然较为先进，但实现起来较为复杂。

2. 直流检测：

对某些继电器或保护装置，由于易损坏的薄弱环节往往是直流回路，因此只要施加一讯号使直流回路翻转，即可判断保护的好坏。由于保护通常都有闭锁回路，当元件损坏直流回路部分翻转时，保护不会误动作，而且能发出元件损坏信号，因此不作误动检测也可以。由于直流检测方式十分简单，因此仍有较大的实用价值。但是对于某些继电器，采用直流检测是不合适的。例如一种相位比较继电器，在直流回路中具有相位比较回路，如只施加直流检测讯号，往往不能正确判断直流回路工作的正确性，因此只有采用交流检测的方法是比较合适的。

采用直流检测的方法，最简单的办法是用检测继电器接点去短接或断开或切换被检测继电器的直流回路中的某些环节，使直流回路得到一个足够大的动作讯号，使继电器动作。另一个方法是附加一个直流讯号电源，当检测时将此电源加到继电器的直流输入端，使继电器动作。

四、自动检测的程序

在正常情况下，自动检测装置的动作应按如下程序，才能确保在检测过程中的可靠性。所谓检测过程中的可靠性，即是保证在检测过程中，由于各种原因，不致于发生保护的误动，也不致发出误信号，也应尽量不发生拒动情况。

检测装置起动→解除信号回路及解除第一点出口回路→第一点出口回路解除确认→加入模拟故障量→动作判定→解除模拟故障量→保护返回确认→第一点出口回路复原→解除第二点出口回路→……第 n 点出口回路复原→检测装置复归→信号回路复原。

如果保护装置有故障，经判定后可以使检测装置停步，并显示出保护故障的点数。经延时报警，若有记忆元件，则可将保护故障的点数记住，报警并进行下一点检测。

如果在检测过程中发生故障，检测装置动作程序如下：

……正检测中→故障发生→故障起动元件动作或保护出口→起动检测复归继电器→解除模拟量及起动保护复归继电器→保护返回确认→出口回路复原→检测起动继电器复归→信号回路复原。

若设有故障起动元件，则在检测过程中发生故障，则被检测的保护具有恢复动作的功能；若没有故障起动元件，则不考虑被检测的保护恢复动作的功能，只有在不检测的保护动作出口时才能停止检测。如果故障正好需要被检测的保护来反应，但由于检测的模拟讯号与故障量同时存在，保护动作不返回，所以出口回路不能复原，就不能出口跳闸，只有靠别的保护来动作跳闸。

1. 检测装置的起动：

由于过于频繁的检测增加了保护的退出时间，因此二次检测的间隔时间可以长一些，所以可用手动方式来起动检测，在需要检测时按下检测起动按钮，装置即进行自动巡检。如认为有必要，可以设置定时器进行定时自动检测。

2. 出口回路解除：

当检测到某一点保护时，需将保护的出口回路解除。可起动一检测继电器，用该继电器常闭接点将出口回路解除。

3. 出口回路解除确认：

为了简化，该程序也可以省略。用一付转换接点，其常闭接点解除出口回路，而其常开接点起动一只保护检测继电器。用该检测继电器接点来加入保护检测的模拟量，因为一付转换接点只有当常闭接点打开后才能接通常开接点，对于有接点继电器一般是能够保证的。

为了更可靠，防止常闭接点粘住而常开接点接通而引起保护的误跳闸，可采用确认步骤。当出口回路断开后，起动出口回路解除确认继电器，该继电器动作后，才可进行检测。

4. 加入检测模拟量：

保护出口解除后，起动一检测继电器，该继电器通常设在被检测的保护内，用该继电器接点去接通模拟量。

5. 动作判定：

动作判定是判别保护是否正确动作。保护动作讯号加到检测装置里，如需要检测保护是否拒动，则保护的动作用讯号去起动检测装置内的判定元件，判定保护动作正确，然

后进行下一步检测。如果保护有故障而拒绝动作，则判定元件不能起动，检测装置将停步报警，或记忆故障的点数并报警再进行下一步检测。如需要检测保护是否误动，则保护不动作就判定正确，接着进行下一步检测；如保护误动作，该误动讯号将检测装置停步报警，或记忆故障的点数并报警，再进行下一步检测。

6. 模拟量解除：

对检测保护的拒动，可采用保护出口继电器接点或保护出口信号继电器接点来解除模拟量；对检测保护的误动，如保护不误动，可经适当的延时自动进行解除。

7. 保护返回确认：

只有当保护确认返回后，才允许将出口回路接通，否则就可能引起误跳闸。为此，对于检测装置的判定元件，当判定正确后，只有当保护返回，才能进行下一步检测。如保护不返回，则检测装置停步并报警。

8. 信号回路：

当检测装置起动后，首先要将信号回路解除，防止在保护动作时给出误信号，不必要地传到中央信号回路中去。对于就地信号，有二种处理方式。一是信号自保持方式，当检测时保护动作信号灯点燃不复归，检测完后用手动或自动复归。另一种是不自保持方式，在检测时保护信号灯能亮，但该保护检测完后信号灯自动熄灭。自保持方式的优点是在检测中能够对信号灯是否可靠点燃作仔细的观察，但在检测中如有故障发生，就要求检测装置立即将无用信号复归而只保留有用信号，而不自保持方式则不存在这个问题。复归无用信号的方法可以用保护出口继电器接点来起动一只信号复归继电器，该继电器能够短时间地将信号保持回路断开，无用信号就立即复归，而有用信号则不复归。

9. 在检测过程中发生故障：

则可按前述的程序退出检测。其中保护复归继电器的作用是当检测中发生故障，出口回路不能复原，保护不能出口跳闸，利用保护复归继电器将保护复归后，出口回路复原，保护可以再次动作于出口。另外，如果被检测的保护带延时，保护还未动作，此时发生故障，如果立即复归出口回路，则保护出口的时间特性将被破坏，不能按规定的时间内出口跳闸；而利用保护复归继电器将保护复归后再次将保护投入，时间元件重新计时，能够基本保证保护时间特性的正确性，只是略微增加一点延时。从以上可以看出，如存在有故障起动元件，对于瞬动保护的再次动作出口，动作时间略增加一个小的延时，该延时包括起动元件动作时间，起动检测复归继电器时间，起动保护复归继电器时间以及保护复归继电器动作保持时间之和，这些时间越来越小，使得快速保护的動作时间不致增加得过多。

如果没有故障起动元件，则如果在检测中发生故障正好需要被检测的保护来动作，此时有二种处理方式，如果有别的保护（如后备保护）可以动作跳闸，则考虑检测装置

停步等跳闸后检测装置复归；如果没有别的保护可以跳闸，只有依靠正被检测的唯一的保护来跳闸，则可考虑经延时后再次投入该保护的工作，即复原出口回路，虽然保护的时间特性不对了，但由于没有时间配合关系，只要能够切除故障就好，以防设备的损坏。但对于检测后保护动作不返回的情况，则会引起保护误动作。

10. 步进方式：

由一步检测完毕后进入下一步检测的步进方式可由步进继电器来实现，由于电磁型步进继电器在结构上复杂，故一般不建议采用。步进电路可用半导体数字电路构成的数字步进方式，用数码管显示被检测保护的点数。也可以用简单的电容充放电原理，由继电器自身组成步进电路的自身步进方式。这种方式可用每步加一只信号灯来表示被检测保护的点数。

五、ZBX—2型保护巡检装置

本装置采用电容充放电的继电器自身步进电路，构成12点保护巡检装置，如要扩大容量，可采用二台以上串起来使用，装置的原理电路见附图1。图中JQJ为检测起动继电器，1JCJ~12JCJ为检测执行继电器，JPJ为检测判定继电器，JFJ为检测复归继电器，SJ为报警延时继电器，ZSJ为报警重动继电器。装置可检测保护的误动或拒动，在检测执行继电器保持回路中没有P₁、P₂、Q点，当连接到Q点时可检测保护的误动，连接到P₁或P₂点可检测保护的拒动，P₁点与P₂点的不同是在检测时发生故障，正好需要被检测的保护来动作，由于被检测的保护动作不返回，则连到P₁点经延时后可再次动作于跳闸，而P₂点则不能跳闸，而靠别的保护来动作跳闸。用1JCJ₃~12JCJ₃接点去被检测保护执行检测任务，用JQJ₆、JQJ₆接点去断开保护的中央信号，用ZSJ₃、ZSJ₄接点去报警。

当进行检测时，通过外部接点或按钮将正电源接入端子②，经接点JFJ₁，起动JQJ，JQJ经JQJ₁、接点及JFJ₁接点自保持，JQJ₂接点断开电容器C₁的放电回路，JQJ₃接点接通电容器C₁的充电回路，其充电电流经1JCJ线圈，使1JCJ动作，1JCJ₃接点接通，信号灯XD₁点燃表示进行第一点检测。如果第一点是检测保护的拒动，则将1JCJ₄接点连接到P₁点或P₂点上，则1JCJ经1JCJ₄接点和JPJ₁接点自保持。输出接点1JCJ₅，其常闭接点断开保护的出口回路，其常开接点去起动被检测保护内的检测继电器，对保护继电器进行检测；在保护装置的交流检测方案中，1JCJ₅接点可以用来接通交流模拟量，模拟内部或外部故障，对保护装置进行检测。当保护动作后，保护输出正电位接到端子③，起动检测判定继电器JPJ，JPJ起动后其常闭接点JPJ₁断开了1JCJ的保持回路，但如果保护未返回，端子③仍存在正电位，则1JCJ仍可由1JCJ₄经D₁₃、R₆、（或经ZSJ₁）由保护动作正电源得到自保持。当被检测的保护返回后，1JCJ的自保持回路解除了，1JCJ即失磁。由于在1JCJ的动作时间内，1JCJ₁接点经JFJ₂常闭接点和电阻R₄将C₂短接，因此C₂处于放电状态，当1JCJ失磁时，1JCJ₂接点接通，1JCJ₁接点打开，电容器

C_2 经 $2JCI$ 线圈充电使 $2JCI$ 励磁,即进行第二点检测。如果第一点被检测的保护拒动,则②⑥端子得不到保护动作的正电源,因此 JPJ 不动作,故 $1JCI$ 总是处于保持状态,步进作用即停止,由于 JPJ_6 接点不接通, C_{16} 经 R_{14} 、 R_{15} 充电,当充电到 BT_1 峰点电压时,电容器 C_{16} 经 D_{18} 和 BT_1 放电,其放电电流起动继电器 SJ , SJ_1 接点起动重动继电器 ZSJ , ZSJ 经 JPJ_1 和 ZSJ_2 接点自保持,用 ZSJ_3 及 ZSJ_4 接点去中央信号回路进行报警,该报警延时时间 t_1 可用调整 R_{14} 来整定;当停步报警后,如果需要继续往下进行检测,则可通过外部按钮将正电源接到②⑥端子起动 JPJ ,当按钮复归后即可复归 ZSJ 并进入下一点检测。

如果第一点要检测保护的误动情况,则将 $1JCI_4$ 接点连到 Q 点,将保护误动讯号正电源接到端子②⑥或②⑦,如果保护的误动检测输出端与拒动检测输出端为同一端子,则接②⑥端子;如果有不同的输出端,则②⑥端子接拒动输出端,②⑦端子接误动输出端。当误动检测时, $1JCI_1$ 动作后,如果保护不误动,则端子②⑥或②⑦无正电压, $1JCI$ 不保持,当电容器 C_1 充电电流小于 $1JCI$ 的返回电流时, $1JCI$ 即返回,起动第二点检测;如果被检测的保护误动作,则端子②⑥或②⑦得到误动正电源, $1JCI$ 经 $1JCI_4$ 由误动正电源自保持,步进作用即停止;当误动正电源接到②⑦端子时,由于 JPJ 不动作, C_{16} 经 R_{14} 、 R_{15} 充电而得到延时报警;当误动正电源接到②⑥端子时,由于 JPJ 动作不返回,则 JPJ_7 接点打开, C_{17} 经 R_{16} 、 R_{17} 充电而得到延时报警。当停步报警后,如果需要继续往下进行检测,当②⑦端子有误动正电压时,则可通过外部按钮将正电源接到②⑥端子起动 JPJ ,当按钮复归后即可复归 ZSJ ,并用按钮的另一付接点去解除检测模拟量;当②⑥端子有误动正电压时,则只要用一付按钮接点去解除模拟量即可。

第二点至第十二点检测情况均与第一点一样,当第十二点检测完毕后, $12JCI_2$ 接点接通 C_{14} 充电回路,起动检测复归继电器 JFJ , JFJ 动作后,其常闭接点 JFJ_1 断开 JQJ 的线圈使 JQJ 失磁,检测装置复原。 JFJ 在 C_{14} 充电完毕后即返回,在 JFJ 动作时,其 JFJ_6 接点经端子②⑨可去起动下一个检测装置,以扩大检测容量。

端子②⑩去接保护的信号保持回路,有二种方式,当16、17连接时为检测时信号不自保持方式,即在被检测的保护动作时,由于信号自保持回路被 JQJ_4 接点断开,故信号继电器不能自保持;当17、18连接时为检测时信号自保持方式,信号保持回路经 JFJ_6 常闭接点自保持,故在检测时被检测过的保护的信号继电器及信号灯均保持,到本套检测全部完成后,用 JFJ_6 接点短时断开信号自保持回路,一起复归所有的信号继电器及信号灯。

如果在检测过程中发生了故障,检测装置应该立即停止检测,并能保证保护动作信号的正确性。如果故障发生后,保护出口动作,其出口继电器接点将正电源接入端子②⑩起动 JFJ , JFJ 动作后其常闭接点 JFJ_2 将 $C_1 \sim C_{12}$ 电容的放电回路断开,并由 JFJ_3 接点接通二极管 $D_1 \sim D_{12}$ 及 R_3 将 $C_1 \sim C_{12}$ 都充满电,因此步进作用即停止。在此同时接点 JFJ_4 起动 JPJ ,使该步立即检测完毕, JPJ_4 接点去解除保护内的检测模拟量,如信号采用检测时不自保持方式,则 JQJ 复归后, JQJ_4 接通,不影响信号继电器的保持及信号灯的显示,如用检测时信号自保持方式,则由于 JFJ_6 短时断开后又接通,故将检测过

的保护信号都复归，但仍能保留动作的保护信号。

如果故障发生正好需要被检测的保护来动作，但由于被检测的保护已被检测装置剔除，并由于故障和检测同时存在，保护动作后不返回。在这种情况下，装置可选择二种不同的动作功能，如果希望保护具有恢复动作的功能，则应将与被保护的检测点数对应的检测继电器保持接点 JCJ_4 连接到 P_1 点，则在故障与检测同时存在时，当保护动作后， JPJ 动作，由 R_{16} 、 R_{17} 、 C_{17} 、充电延时起报警， ZSJ 动作后，接点 ZSJ_1 断开由 P_1 点来的保持电压，检测装置即可恢复该点出口回路并继续步进，等出口继电器动作后再停止检测。但是在这种情况下，保护动作的时间特性被破坏，保护的动作时间增加了，其增加的最大值为报警延时时间。如果这种时间特性的破坏是允许的，则可采用这种连接方式。如果不允许采用上述方式，在检测与故障同时存在时，宁可保护拒动，而依靠后备保护来动作，则可将与保护检测的点数对应的检测继电器保持接点 JCJ_4 连接到 P_2 点，则在上述情况下，保护不返回，步进作用停止，由后备保护动作后使检测装置复归。如果要求在上述情况下保护既能恢复动作的功能又能保证动作时间特性的正确性，则需要另加故障起继电器，并与检测装置及保护作适当的配合，就能满足所需的要求。

六、检测装置与保护的配合

1. 检测装置与保护继电器的配合

以元件保护为例来说明，通常元件保护由多个保护继电器所构成。各个保护继电器之间有较少的联系，每个保护继电器通常只占用一点或二点的检测。因为保护均没有闭锁回路，在元件损坏保护局部误动情况均能发出信号，因此检测装置主要用来检测保护继电器的拒动。在被检测的继电器中，通常设有相应的检测回路，附图2为典型的出口及检测回路图， ZJ 为保护继电器出口执行继电器， BJ 为闭锁继电器， XJ 为信号继电器， JJ 为检测继电器，用该继电器来施加检测模拟量。

附图3为检测装置与第 n 点保护继电器配合的原理电路图，图中按钮 $AN_1 \sim AN_n$ ，为设在保护盘上的按钮， AN_1 为检测起动手按钮， AN_2 为检测停步报警后再次起动的按钮， AN_n 为信号复归按钮， CKJ 为保护出口继电器。当检测进行到 n 点时， $nJCJ$ 的常闭接点断开由接点 ZJ_1 、 BJ_1 起动手按钮 AN_1 的回路，而 $nJCJ$ 的常开接点起动手按钮 AN_2 的回路， AN_2 动作后加入模拟量使保护动作， ZJ 、 BJ 动作，其接点 ZJ_2 、 BJ_2 起动手按钮 AN_n 的回路， AN_n 动作后通过二极管 D_1 起动手按钮 AN_n 的回路， AN_n 动作后其接点 XJ_1 去短接 JJ 线圈， JJ 继电器返回去解除模拟量，保护返回即接点 ZJ_2 、 BJ_2 断开后检测装置即可进入下一点的检测。在 JPJ 动作时， JPJ_1 接点同时去短接 JJ 线圈，更确保 JJ 可靠返回。如在检测过程中发生故障， CKJ 动作，其接点 CKJ_1 起动手按钮 AN_n 的回路， AN_n 动作后其接点 FPJ_1 去短接 JJ 线圈，使检测装置立即停止工作。

2. 检测装置与成套保护装置的配合

以双母线保护为例来说明，采用较为完善的交流检测方式，模拟内部及外部故障，

检测保护装置的拒动与误动情况，并配有故障起动继电器，在检测过程中发生故障时，可立即将检测装置退出，保护经很小的延时后投入工作。附图4为双母线保护与检测装置配合的原理电路，在保护中设有出口回路解除继电器 $1JJ_1$ 和 $2JJ_1$ ，出口回路解除确认继电器 $1JJ_2$ 及 $2JJ_2$ ，保护装置动作判定继电器 $1JJ_3$ 和 $2JJ_3$ ，保护装置强制复归继电器 FJ ；在保护装置交流回路中设置有检测回路，即在变流器或变压器上设置有交流检测绕组，由变压器 JB 提供检测电流。另外 $1YJ$ 和 $2YJ$ 为复合电压继电器，即故障起动继电器， $1ZYJ$ 和 $2ZYJ$ 为 $1YJ$ 和 $2YJ$ 的重动继电器， QDJ 为母线保护起动继电器， SZJ 为母线保护选择继电器， DBJ 为断线闭锁继电器。其检测过程的动作情况如下：

手动按下 AN_1 按钮将模拟电压加于复合电压元件检测绕组，二只复合电压继电器 $1YJ$ 、 $2YJ$ 动作，重动继电器 $1ZYJ$ 、 $2ZYJ$ 动作，起动出口回路解除继电器 $1JJ_1$ 和 $2JJ_1$ ， $1JJ_1$ 常闭接点断开I段母线出口回路， $2JJ_1$ 常闭接点断开II段母线出口回路，出口回路解除确认继电器 $1JJ_2$ 及 $2JJ_2$ 动作， $1JJ_2$ 与 $2JJ_2$ 相串联的接点起动 JQJ ，并且 $1JJ_1$ 和 $2JJ_1$ 经 $1JJ_2$ 和 $2JJ_2$ 接点、通过检测装置内的 JQJ_1 接点自保持， JQJ 动作后起动 $1JCJ$ 进行第一点检测， $1JCJ_3$ 接点将交流模拟量加入保护装置模拟内部故障，保护装置各相全部动作后 $1JJ_3$ 和 $2JJ_3$ 动作起动检测判定继电器 $1PJ$ ，保护动作判定后 $1JCJ$ 失磁起动 $2JCJ$ 进行第二点检测， $2JCJ_3$ 接点接通将交流模拟量加入模拟外部故障，保护装置不误动则 $2JCJ$ 经一定时间后返回起动 $3JCJ$ 进行第三点检测……直到检测完毕检测装置复归， JQJ 失磁，保护可靠返回后 $1JJ_1$ 及 $2JJ_1$ 失磁，出口回路复原。

如果在检测过程中发生故障，利用复合电压继电器作为故障起动元件， $1ZYJ$ 、 $2ZYJ$ 并联的接点经按钮 AN_1 起动检测复归继电器 JFJ ， JFJ 将检测装置退出，接点 JFJ 去起动保护内的强制复归继电器 FJ ，保护复归后 $1JJ_1$ 及 $2JJ_1$ 即复归， FJ 也复归，保护出口回路复原，可再次出口动作于跳闸。

3. 其它用途：

$ZBX-2$ 型保护巡检装置除与晶体管元件保护，晶体管母线保护及其它保护装置配合工作以外，也可作一些其它用途。因为它是一种很好的步进继电器，并且可以串起来使用增加步数，还具有点数显示，动作判定、报警等功能。因此可以应用于许多要求步进选择的场合。例如在中心点绝缘的小电流接地系统线路产生一点故障的情况下，利用另序电压继电器起动步进选择器，由步进选择器分别接入各线路零序电流互感器二次电流于小电流接地信号继电器（采用零序功率方向原理）即可自动找出一线接地故障的线路，采用 $ZBX-2$ 型保护巡检装置，可以很方便地用来完成自动选择任务。

参 考 文 献

1. 大容量变电所母线保护之进展
2. 《大型机组晶体管继电保护》

《电气计算》1973年第5号

许昌继电器研究所 1977年6月