

وقاية المحركات الكهربائية

INDUCTION MOTOR PROTECTION

إعداد

" م . محمد حسن مغازي "

W S

مقدمة



في هذا الجزء نستعرض أجهزة الوقاية المختلفة المستخدمة لحماية المحركات الكهربائية من النوع القفص السنجابي وهناك أنواع أخرى من المحركات مثل المحركات الحثية ذات الجزء الدائر الملفوف وكذلك المحركات التزامنية ولكن لا يشملها الموضوع وذلك نظراً لأن جميع المحركات المستخدمة حالياً في الغالب تكون **S.C.I.M** .
لذلك كان التركيز عليها وقد تم الإستعانة بالرسومات الواردة من الكتالوجات الخاصة بالشركات المنتجة للمحركات مثل (**SIEMENS & ABB**) كما أن المادة العلمية من كتب صادرة من هذه الشركات ومنها :

- 1) **PROTECTION RELAYING THEORY AND APPLICATION –ABB**
- 2) **ELCTRIC MACHINES – DINO ZORBAS**
- 3) **SWITCH GEAR PROTECTION - SIEMENS**
- 4) **MOTOR PROTECTION BASIC CAURSE – B.B.C**
- 5) **MOTOR PROTECTION LECTURE – ABB**
- 6) **PROTECTION TECHNIQUES – ABB RELAY**

هذا وبالله التوفيق

إعداد

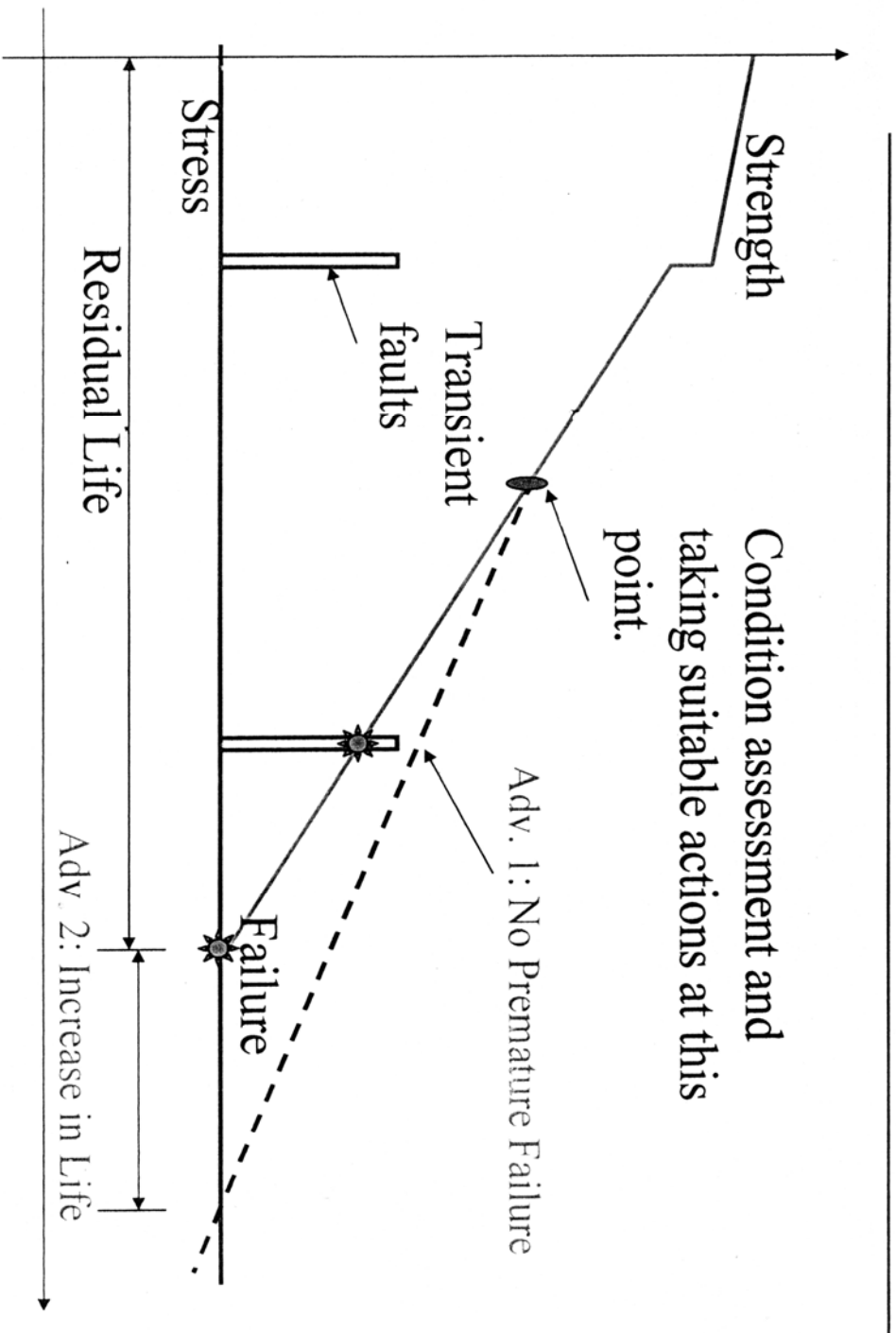
"م.محمد حسن مغازي"
W.S

وقاية المحركات الكهربائية

INDUCTION MOTOR PROTECTION

وقاية المحركات الكهربائية عنصر أساسي في منظومة تشغيل المحرك وكذلك للشبكة التي يتغذى منها المحرك وهذه الوقاية لا تعمل إلا إذا تعرض المحرك لظروف غير طبيعية منعكسة عليه من الحمل الموصل به أو مفروضة عليه من الشبكة التي يتغذى منها أو أن المحرك نفسه يحدث به عيب داخلي وعمل أجهزة الوقاية هذه هي حماية المحرك وفصله عن المصدر قبل إستفحال الأمر الذي قد يؤدي إلى إحتراق المحرك بالكامل. ونود أن نلفت النظر هنا إلى أن نجاح الأجهزة الخاصة بالوقاية في حماية المحرك ليست مطلقة ولكن في بعض الأحيان قد لا تفلح هذه الأجهزة في مهمتها ويكون نهاية الأمر إحتراق المحرك ، وهذا حادث بالفعل حتى الآن مع إستخدام أجهزة وقاية حديثة ويكون ذلك دائما نتيجة عيوب داخلية في المحرك أو تعرضه إلى ظاهرة Surge Voltage أثناء عملية الفصل والتوصيل تؤدي إلى إنهيار مفاجئ في عزل المحرك (حتى مع إستخدام Surge arrester) نتيجة تقادم العزل كما في "الشكل رقم 1" ومع ذلك تكون أجهزة الوقاية مهمة أيضا في هذه الحالة) رغم أنها لا تفلح في حماية المحرك) وتتمثل أهميتها في أبعاد هذا العطل عن الشبكة بسرعة حتى لا يؤثر ذلك على أداء باقي المعدات ويمكن تلافي حدوث مشكلة في المحرك وإطالة العمر الافتراضي له (life time) بعمل صيانة شاملة من تجفيف ورفع عزل على فترات منتظمة وذلك بقياس عزله لبيان ما إذا كان يحتاج إلى رفع عزل أم لا . كما هو موضح في " الشكل رقم (1) "

Benefits Due To Condition Assessment



© ABB LIMITED.

ABB

شکل رقم 1

على أنه يجب ملاحظة أن إختيار أجهزة الوقاية حسب حجم وثمان المحرك وأهميته في العملية الإنتاجية وألا تتعدى تكلفة الوقاية للمحرك عن 10 % من قيمته فلا يعقل أن يركب جهاز وقاية ثمنه 25 ألف جنيها لحماية محرك ثمنه لايتجاوز عشرة آلاف جنيها

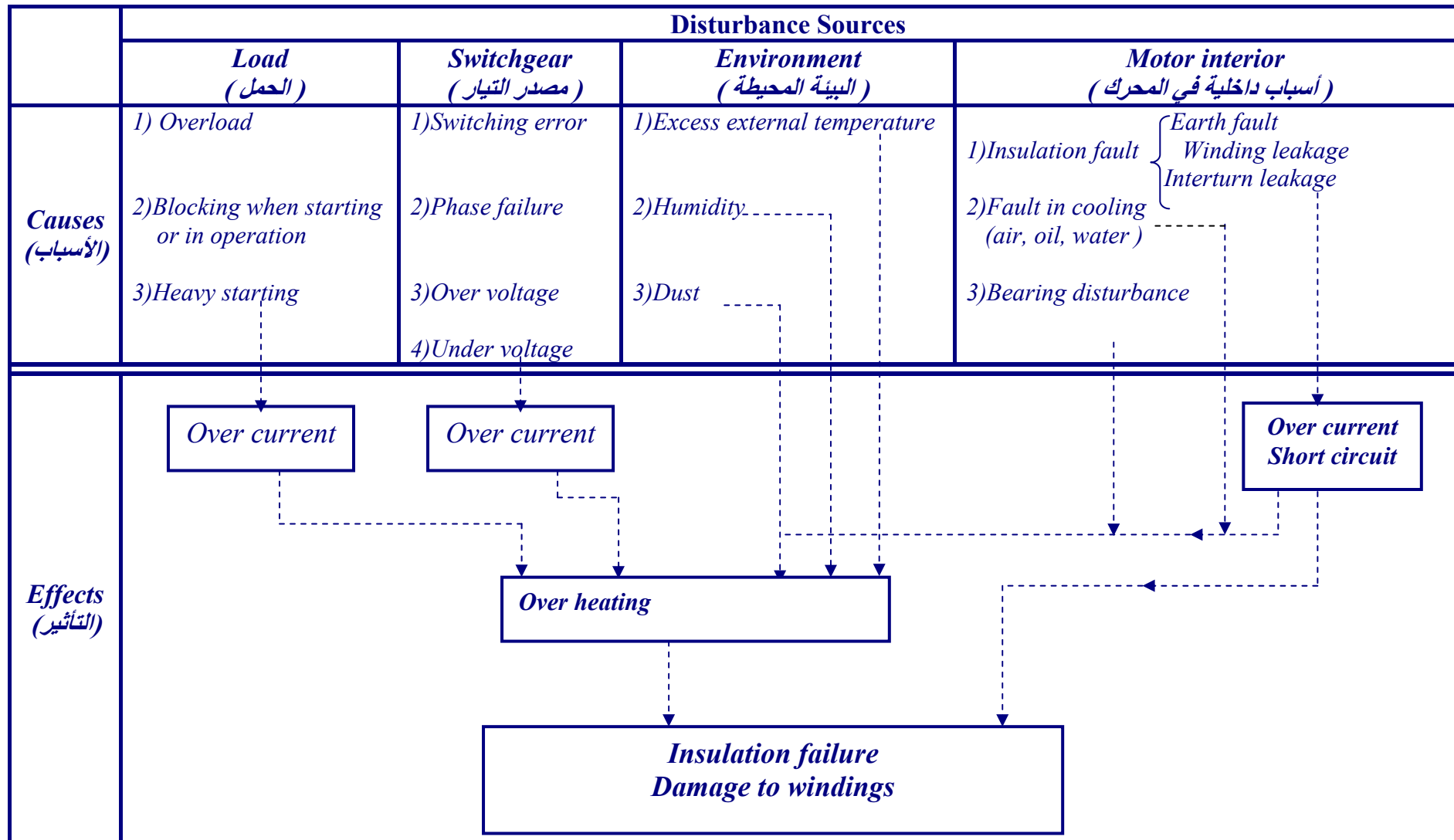
وأسباب الأعطال في المحرك كثيرة ومنها ما يتعلق بالمحرك نفسه ومنها ما ينعكس عليه من الحمل ومنها ما يتعلق بالجو المحيط به . **والشكل رقم (2)** يوضح الأسباب المحتملة للأعطال والتأثير الناتج عنها .

وتنقسم الوقاية إلى نوعين أساسيين وهما :

1 - وقاية محركات الضغط المنخفض

2 - وقاية محركات الضغط المتوسط

على أنه إذا كان محرك ضغط منخفض من الأهمية بمكان في العملية الإنتاجية فربما يكون هناك دواعي لزيادة وسائل الوقاية له .



(Fig : 2)

Disturbances in electric motors
Sources, causes and effects

عناصر الوقاية المطلوبة للمحركات بصفة عامة :-

- (1) الوقاية ضد تيار القصر S.C. ($I \gg$) (50)
- (2) الوقاية ضد زيادة التيار ($I >$) (51)
- (2) الوقاية ضد الحمل الزائد O.L. ($I >$)
- (3) الوقاية من زيادة زمن البدء ($T_s \gg$) Starting time too long
- (4) الوقاية ضد ارتفاع درجة الحرارة θ
- (5) الوقاية من عدم إتزان جهد المصدر (I_2) Phase unbalance
- (6) الوقاية من زرجنة الجزء الدائر locked rotor
- (7) الوقاية ضد التوصيل الأرضي (I_0) Earth fault
- (8) الوقاية ضد زيادة عدد مرات البدء في زمن محدد
- (9) الوقاية ضد انخفاض الجهد ($u <$)
- (10) الوقاية من الدوران العكسي خصوصا مع الأحمال التي قد تتأثر بذلك

غير أنه قبل البدء في دراسة كل نوع من أنواع الوقاية المختلفة السابقة لابد أن نستعرض الدائرة المكافئة للمحرك الحثي في الحالات الآتية

1 - حالة البدء

2- حالة اللاحمل

3- حالة التشغيل العادي

4- عند حدوث عدم إتزان للجهد

كما أن هناك منحنى مهم خاص بكل محرك وهو منحنى التحمل الحراري للمحرك وهذا يعتمد على حجم المحرك ووسيلة التهوية الخاصة به وكذلك درجة حرارة الوسط المحيط .

أولا - الدائرة المكافئة للمحرك الكهربى :

يتكون المحرك الكهربى من أجزاء أساسية تكون الدائرة الكهربائية له وهي كالآتي :-

(1) الجزء الدائر (Rotor) : وله متغيران 2 Parameters وهما R_r , X_r

(2) الجزء الثابت (Stator) : وله متغيران وهما R_s , X_s

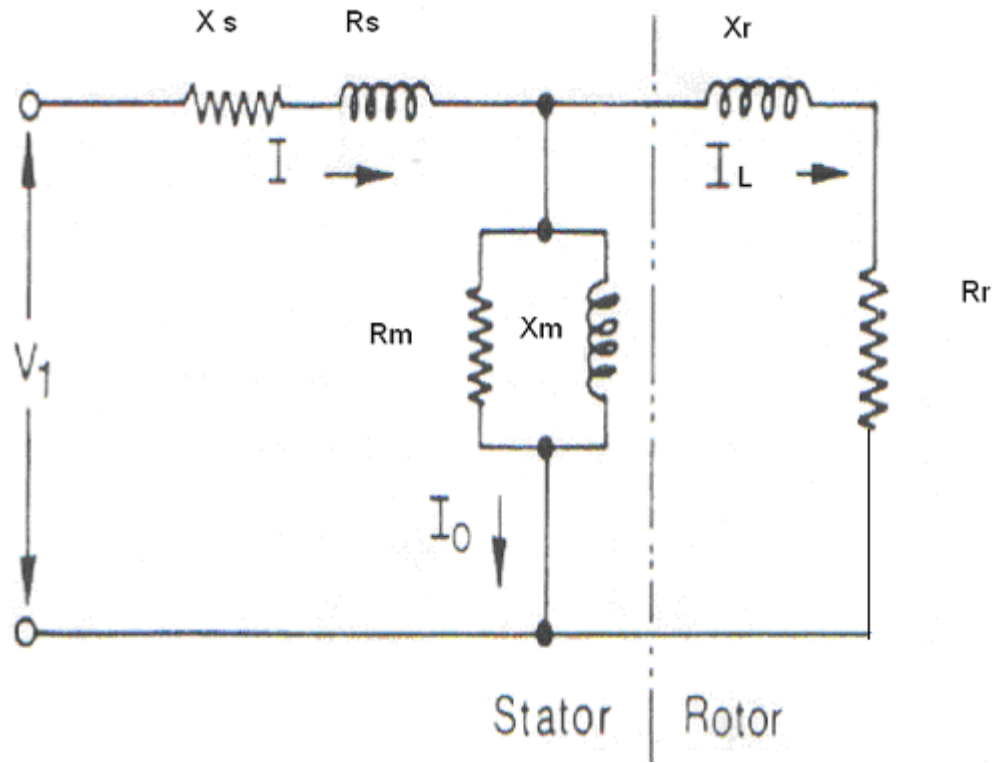
(3) الدائرة المغناطيسية : وهي التي يحدث فيها سريان للفيض المغناطيسي من مكان تولده في الجزء الثابت إلى الجزء المتحرك وهي تتكون من القلب الحديدي والفجوة الهوائية ولها متغيران

"Parameter" هما R_m , X_m

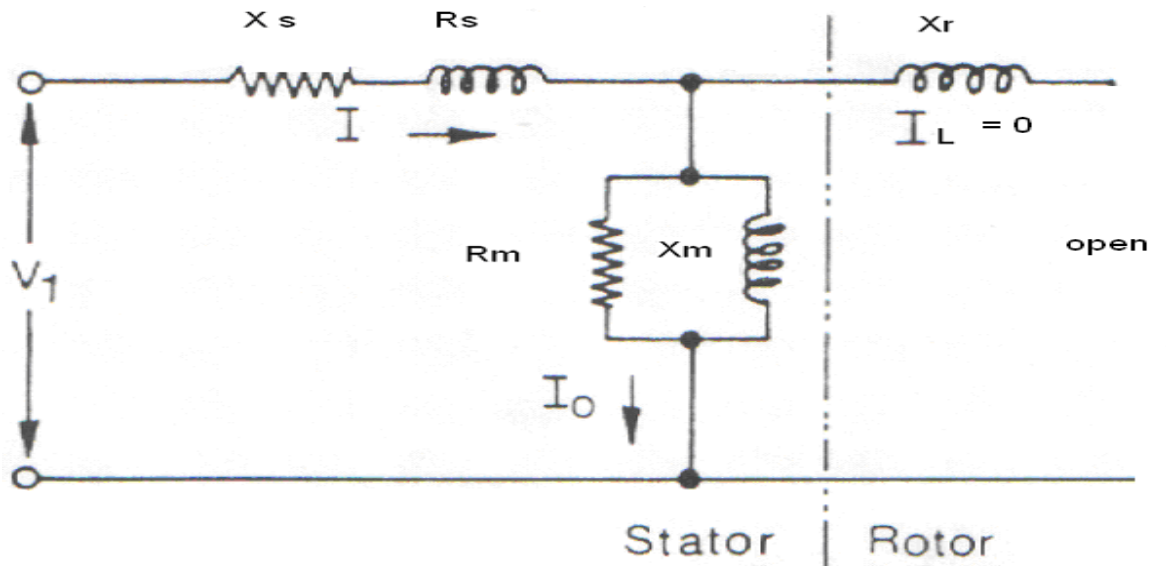
والأشكال الآتية (6 & 5 & 4 & 3) توضح هذه المتغيرات في الدائرة المكافئة للمحرك في

حالات التشغيل الأربعة السابق ذكرها

W . S

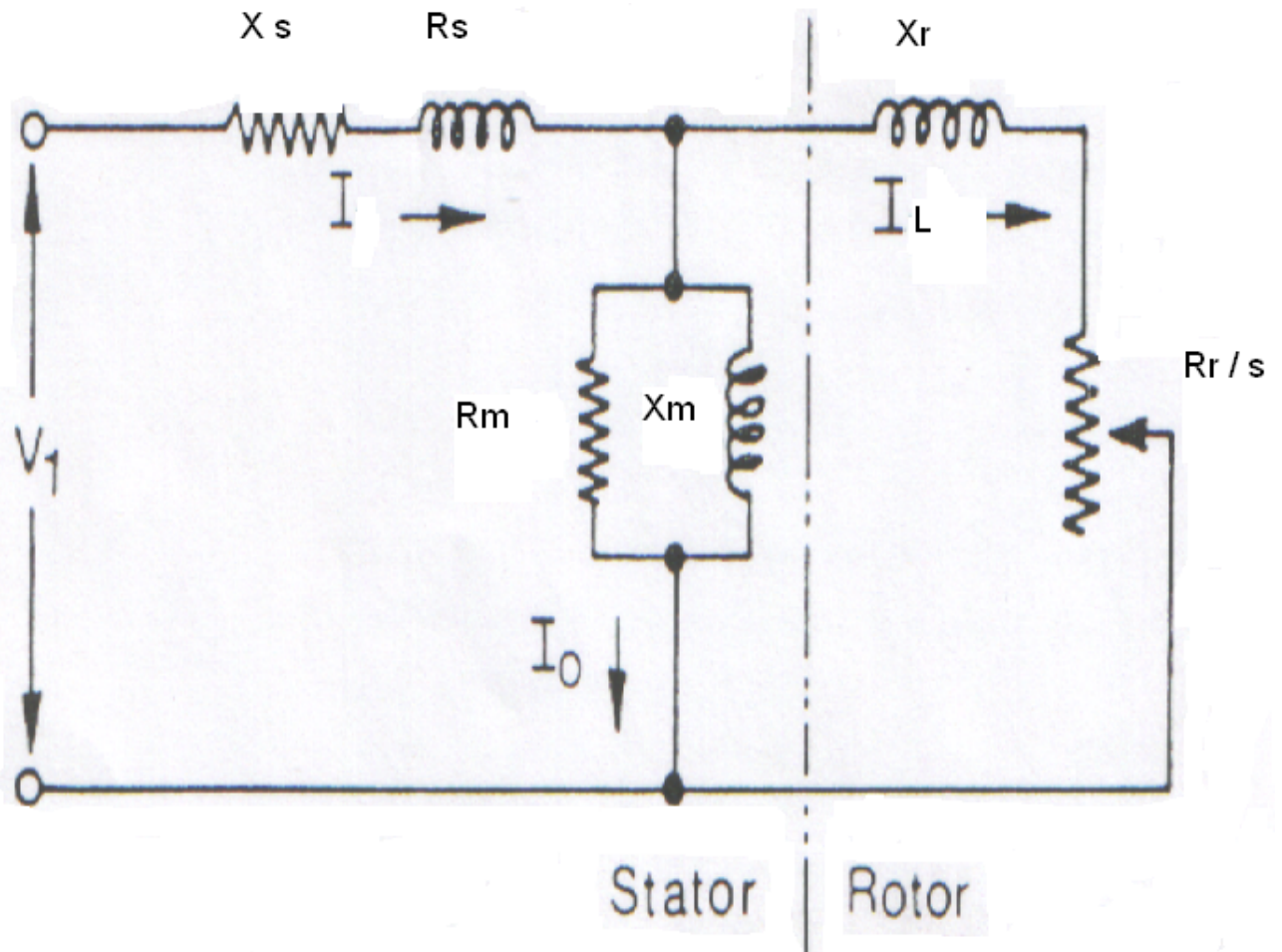


شكل رقم (3) دائرة المحرك عند البدء Starting

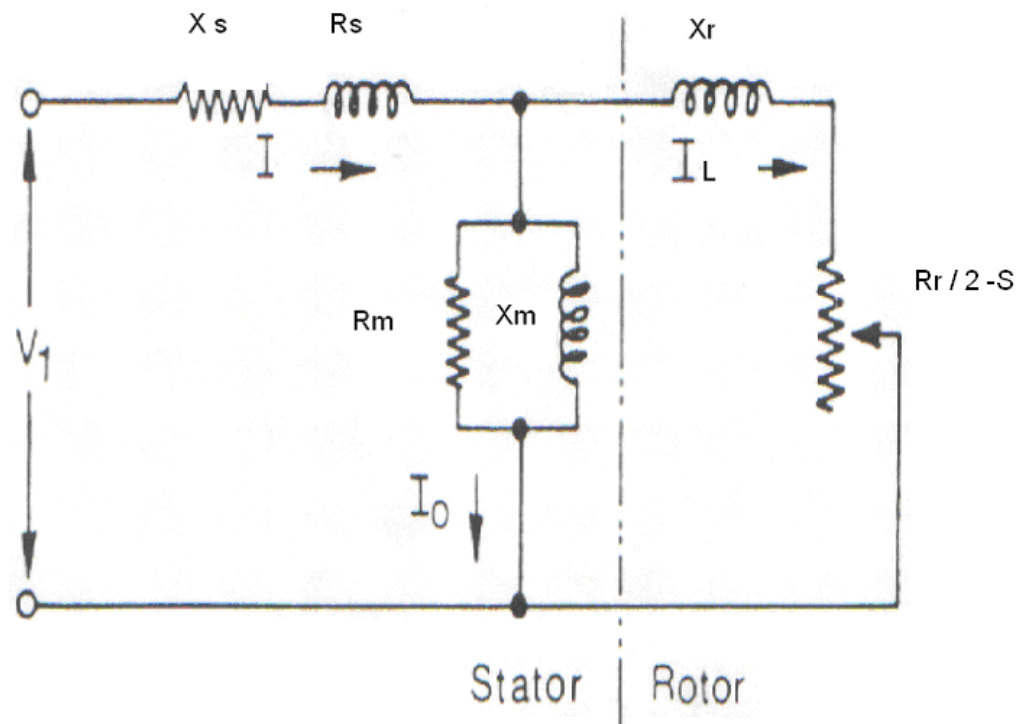


شكل رقم (4) دائرة المحرك في حالة اللاحمل No load

W . S



شكل رقم (5) الدائرة المكافئة في حالة الحمل (التشغيل العادي)



شكل رقم (6) حالة عدم الإثزان

ويلاحظ أن قيمة R_r هي قيمة متغيرة تتوقف على قيم (s) وهو الإنزلاق حيث

$$S = \frac{N_s - N}{N_s}$$

وعند بداية الحركة تكون سرعته $0 = N$ وعليه فإن $S = 1$. أما عند اللاحمل فإن قيمة $N_s = N$ وعليه فإن $S = 0$

$$\infty = \frac{R_r}{S} \quad \text{وتكون الدائرة مفتوحة حيث}$$

ولا يسحب المحرك سوى تيار المغنطة $I_0 =$ ومما تجدر الإشارة إليه أن الدائرة المكافئة للمحرك هي نفسها الدائرة المكافئة للمحول بإستثناء أن تكون R_r ثابتة وهي تمثل مقاومة دائرة الثانوي بينما الجزء الثابت يمثل دائرة الإبتدائي . وهناك إختلافان وحيدان بين المحرك والمحول من حيث الدائرة المكافئة وهما :
(1) تيار المغنطة في المحرك أكبر من المحول ولكن زمنه صغير جدا أما في المحول فيكون أقل ولكن زمنه أكبر

وقيمة تيار المغنطة **Inrush current** وزمن دوامه لكلا من المحول والمحرك تكون كما هو موضح بالجدول الآتي وهي قيم نمطية **Typical value**

الزمن	قيمة تيار المغنطة	
المحول	$I_n * (12 - 8)$	100 مللي ثانية
المحرك	$I_n * 15 <$	30 مللي ثانية

(2) تيار اللاحمل في المحرك أكبر من تيار اللاحمل في المحول وعليه فإن كفاءة المحول تقترب من % 98 أو أكثر أما في المحرك في حدود % 90 أو أقل .
والشكلان رقم (4&3) يوضحان الدائرة المكافئة للمحرك في حالات البدء و اللاحمل

أما إذا حدث عدم إتران على المحرك أي أن الثلاث فيزيات غير متوازنة فإنه يتولد نتيجة لذلك مركبة جهد تتابعية سالبة **Negative phase seq.** والتي رمز لها بالرمز **V2**

والشكل رقم (5) يبين الدائرة المكافئة للمحرك في هذه الحالة

ومع ملاحظة أن تردد التيار المتولد في الجزء المتحرك **Rotor** تكون علاقته بالتردد الأصلي في

$$F_r = S F_s \quad \text{الجزء الثابت " Stator " تردد المصدر " هي}$$

$$2 - S = S_r \quad \text{وفي حالة تولد المركبة السالبة يكون الإنزلاق لها}$$

$$F_{2r} = (2 - S) F_s \quad \text{وترددتها يكون كالآتي}$$

فإذا كان الإنزلاق = 5 % فإن

$$S_2 = 2 - .05 = 1.95$$

$$F_{2r} = 1.95 * 50 = 97.5 \text{ HZ}$$

أي أن تردد التيار في الجزء المتحرك في هذه الحالة يساوي تقريبا ضعف التردد في الثابت وعليه فإن وجود هذا التردد العالي يؤدي إلى حدوث ظاهرة التأثير السطحي Skin Effect وتؤدي بدورها إلى إرتفاع درجة حرارة الجزء المتحرك وهذا هو ممكن الخطورة على المحرك عند ظهور حالة عدم إتران الجهد .

ونرى أنه من المفيد إثبات العلاقة بين الإنزلاق العادي (S_1) " إنزلاق المركبة الموجبة " وإنزلاق المركبة السالبة (S_2) ويمكن إثبات ذلك كآلاتي :

$$S_1 = \frac{N_s - N}{N_s} \quad (1)$$

$$S_2 = \frac{N_s - (-N)}{N_s} \longrightarrow S_2 = \frac{N_s + N}{N_s} = 1 + \frac{N}{N_s} \quad (2)$$

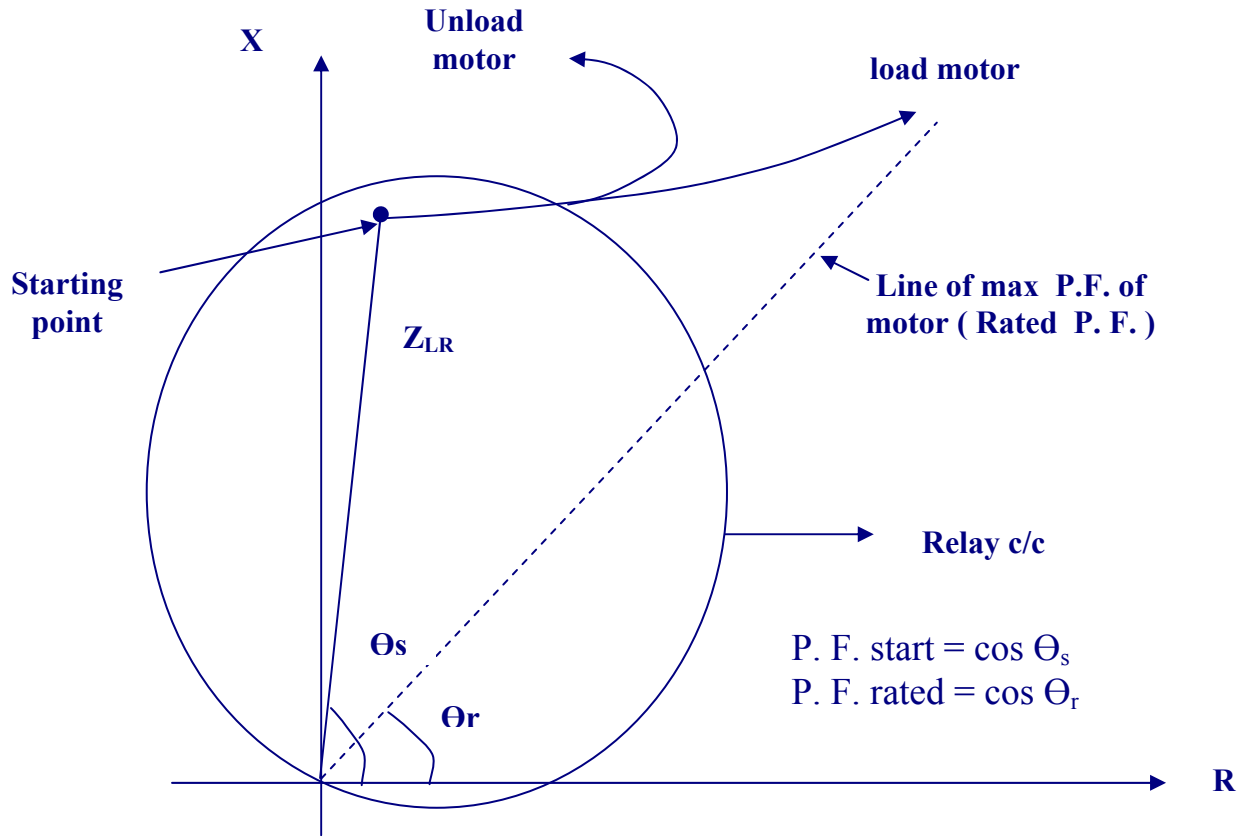
$$S_1 = 1 - \frac{N}{N_s} \quad \text{من (1)}$$
$$\frac{N}{N_s} = 1 - S_1$$

وبالتعويض في (2)

$$S_2 = 1 + \frac{N}{N_s} = 1 + 1 - S_1 = 2 - S_1$$

$$S_2 = 2 - S_1$$

ويلاحظ أن قيم R_r ، X_r تتغير مع تغير السرعة ابتداء من Starting حتى الوصول إلى نقطة التشغيل وهذا التغيير يمكن أن يستخدم في حماية المحرك بمراقبة $R \& X$ على مدى فترة البدء وذلك باستخدام ريلاي يماثل ريلاي الوقاية المسافية كما في الخطوط Distance relay كما يوضح الشكل رقم (7) التغيرات في كلا من R ، X للمحرك ابتداء من نقطة البدء وحتى الوصول للسرعة المطلوبة



Typical motor impedance characteristic when starting
شكل رقم (7)

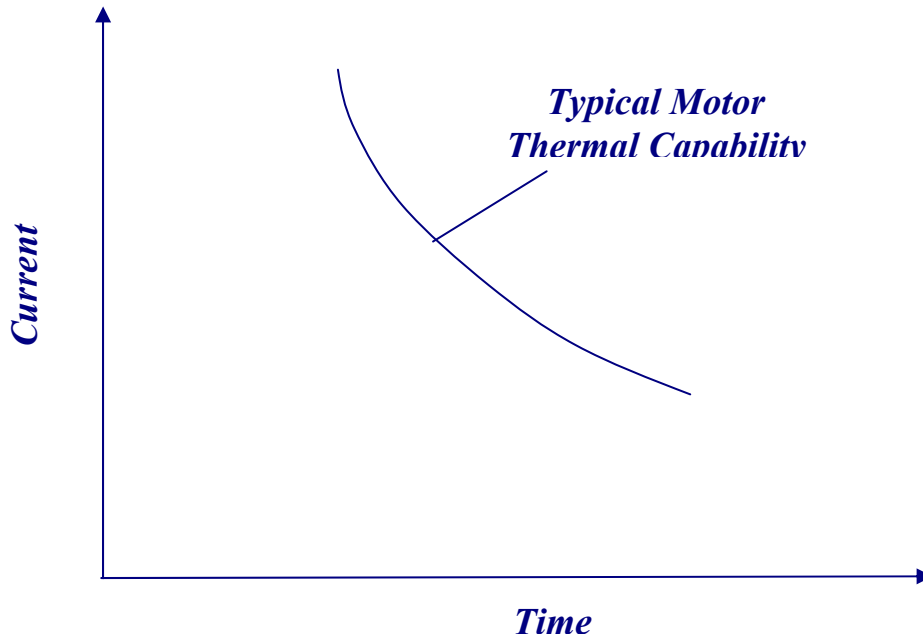
ويلاحظ أن معامل القدرة عند البداية يكون حثي منخفض وتكون قيمته $\frac{R}{Z_{LR}}$ ويميل إلى أن يكون Inductive أي أن $\frac{R}{Z}$ تنخفض

ومع زيادة السرعة والتحميل يتحسن إلى أن يصل إلى قيمة معدله الطبيعي Rated value والتي تتراوح ما بين 0.80 0.92 أما إذا كان المحرك ذاهبا لأخذ سرعته المقننة ويعمل بدون حمل فإن معامل القدرة يميل إلى الإنخفاض مرة أخرى والمساحة المحاطة بالدائرة (داخل الدائرة) هي المنطقة التي يعمل بها الريلاي وأما منطقة الإستقرار فتكون خارج الدائرة والخط المنقط يميل بزاوية مقدارها θ وجيب تمام هذه الزاوية يمثل معامل القدرة

$$P. F. = \cos \theta_r$$

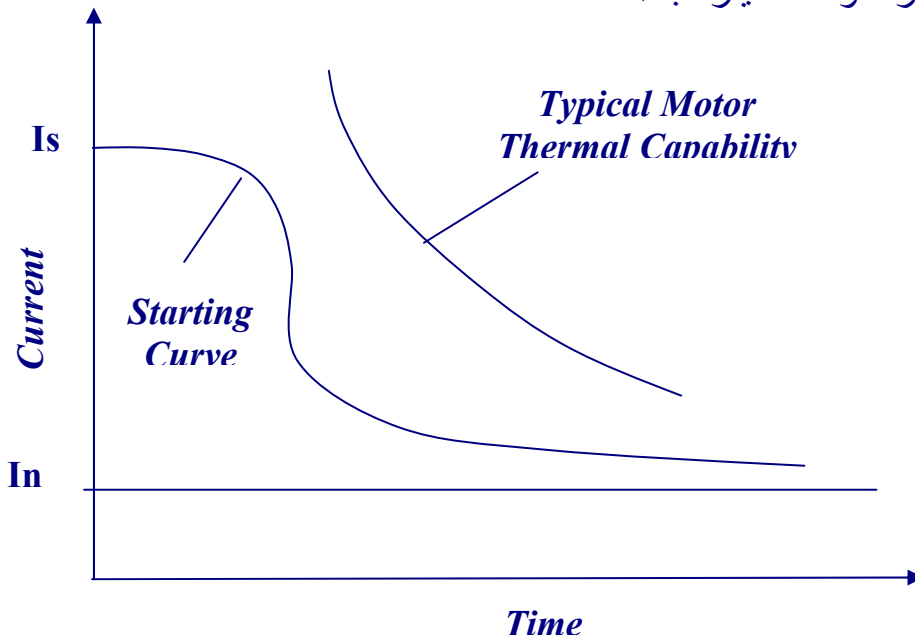
W . S

أما منحنى التحمل الحراري للمحرك فهو مبين بشكل رقم (7)



شكل رقم (8) منحنى التحمل الحراري للمحرك Thermal Capability

وهذا المنحنى يمثل العلاقة بين أقصى تيار وزمن دوامه الذي يمكن أن يتحملة المحرك . وهذا المنحنى يعتمد على حجم المحرك ووسيلة التهوية المستخدمة . فقدرة التحميل الحراري للمحركات القديمة أكبر بكثير من المحركات الحديثة حيث أن المحركات الحديثة تكون قدرتها كبيرة وحجمها صغير لذلك يكون الإشعاع الحراري للوسط المحيط أقل وهذا عامل سلبي على المحرك ويمكن التغلب على ذلك بعمل تهوية جيدة للمحرك ويجب عند عمل Setting لأجهزة الوقاية ألا يزيد التيار مع الزمن عن حدود هذا المنحنى كما هو واضح بالشكل رقم (9) الذي يوضح منحنى التحميل الحراري للمحرك وكذلك تيار البدء له



شكل رقم (9)

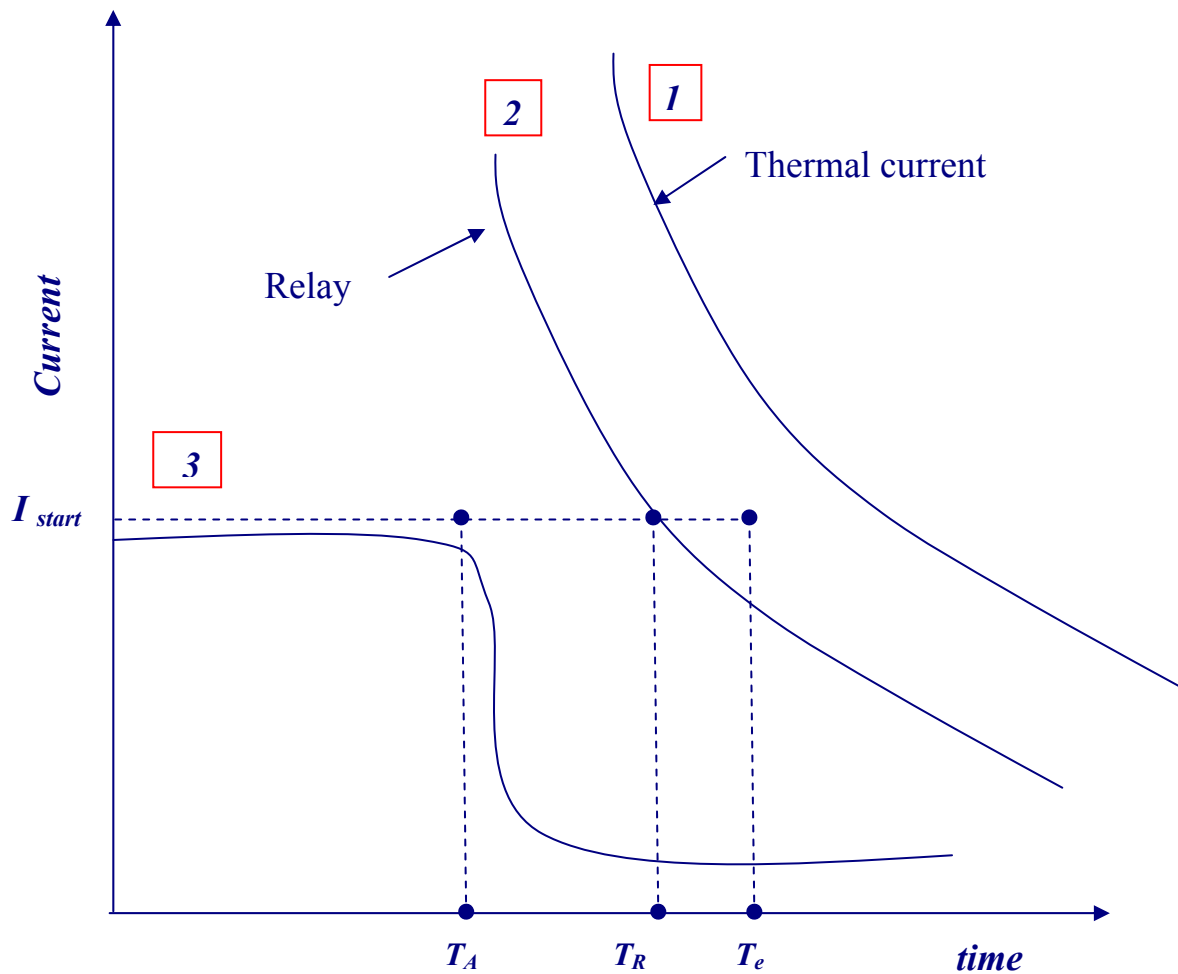
والشكل رقم (10) يوضح ثلاثة منحنيات وهي :

(1) منحنى التحميل الحراري للمحرك

(2) منحنى خصائص الريلاي

(3) منحنى تيار البدء للمحرك

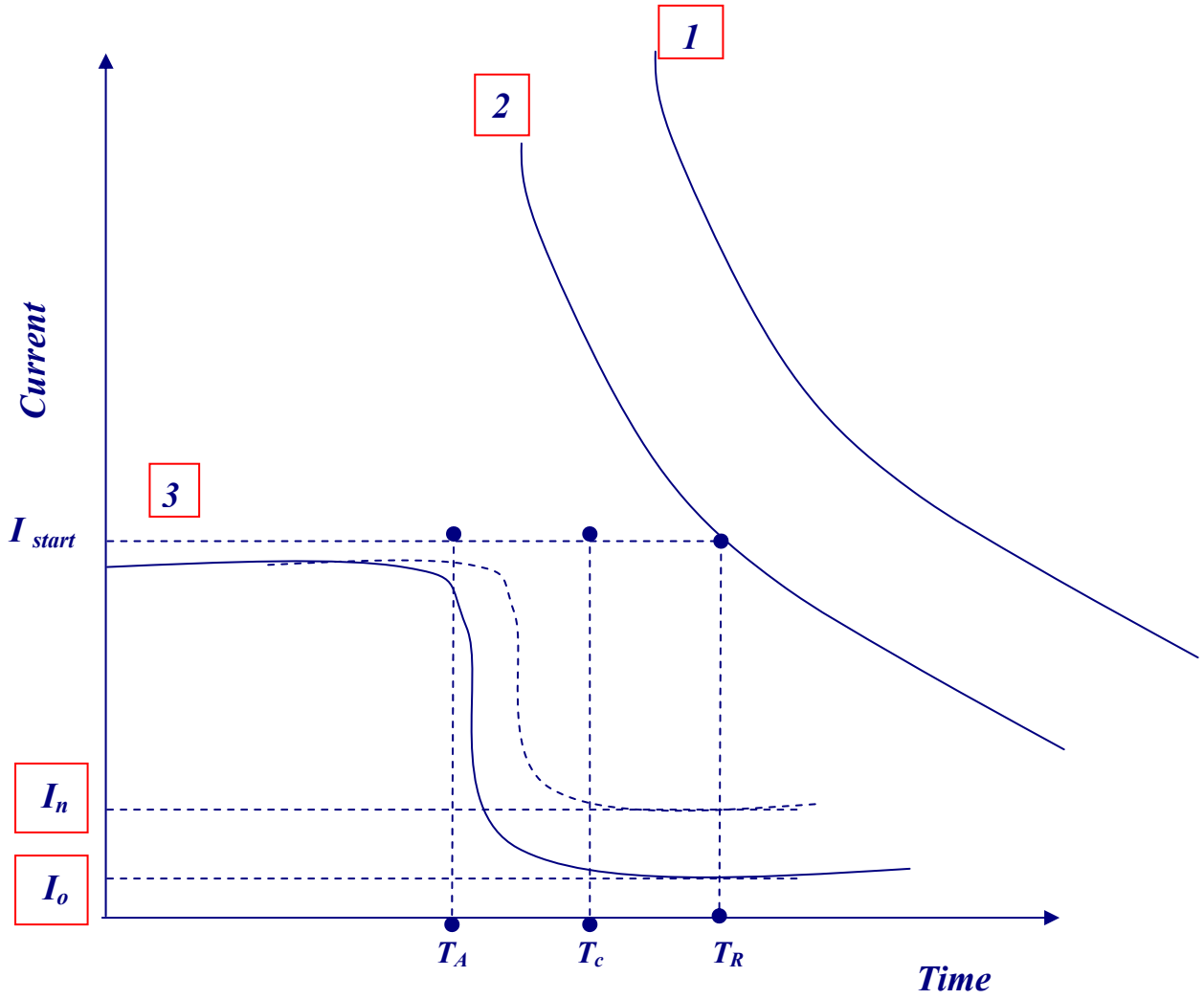
وإذا فرض أن زمن التحمل للمحرك (Te) Stalling Time) وهو الزمن الذي يمر مع دوام تيار البدء بدون أن يحدث أذى للمحرك (فإذا كان T_e أعلى من زمن عمل ريلاي الوقاية (T_R) فإنه في هذه الحالة يمكن عمل وقاية للمحرك أما إذا كان T_e أقل من زمن عمل ريلاي الوقاية عند نفس التيار فإنه لا يمكن عمل وقاية لهذا المحرك بهذا الزمن والشكلان الآتيان يوضحان ذلك



شكل رقم (10) أ

زمن عمل الريلاي أقل من زمن التحمل للمحرك (Te) Stall time) وهذا الوضع يوفر حماية

Stall protection للمحرك حيث أن $T_A < T_R < T_e$



شكل رقم (10) ب

زمن عمل الريلاي T_R أكبر من زمن التحمل للمحرك Stall Time (T_e) فإن هذا الوضع لا يوفر حماية Stalling protect حيث أن $T_A < T_e < T_R$ عند نفس قيمة التيار I_A (تيار البدء) .

وعليه فإنه يلزم أولاً تحديد الزمن T_e وهو زمن تحمل المحرك لتيار البدء وكذلك زمن البدء T_A ((الذي يعتمد بدرجة كبيرة على الحمل)) مع مراعاة أن يكون زمن البدء T_A أقل من T_e وبعد ذلك يتم اختيار منحنى الريلاي الذي يعطي زمن فصل T_R أقل من T_e .

وفيما يلي إستعراض لأنواع الوقاية المذكورة :

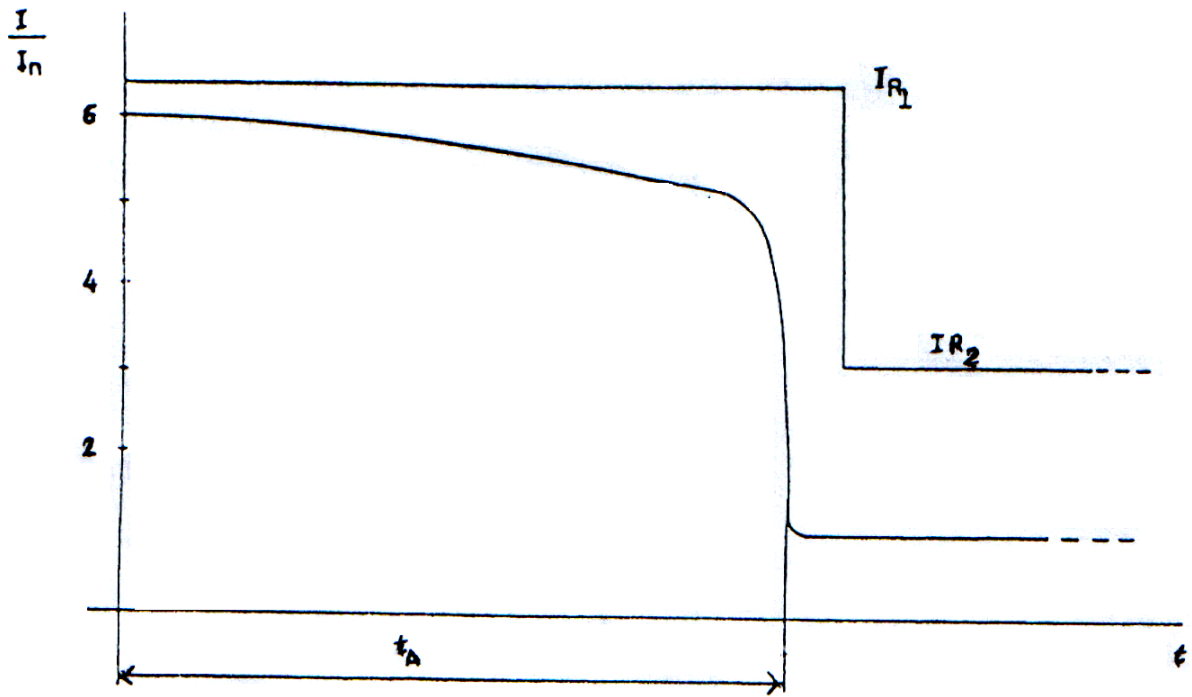
W . S

(1) الوقاية ضد تيار القصر S.C. (I >>) (50)

تيار القصر ينتج من حدوث قصر بين أي فازه أو الثلاث فازات إلى الأرضي أو جسم المحرك وذلك نتيجة إنهيار العزل وهذا القصر يتسبب في مرور تيار كبير في الكابل المغذي مصحوبا بانخفاض في الجهد مما قد يتسبب في تلف الكابل أيضا إذا استمر هذا الحال لمدة طويلة وكذلك يمكن أن يتسبب في حدوث إنقطاع كامل للتيار ليس على المحرك فقط ولكن على هذا القطاع من البارة المغذية . ويأتي دور أجهزة الوقاية ضد هذا النوع من الأعطال لعزل الجزء العاطل وهو المحرك عن باقي أجزاء الشبكة خشية من إمتداد المشكلة إلى ما هو أبعد من المحرك وقد يفلح جهاز الوقاية في فصل المحرك قبل أن يتلف تماما ولكن هناك مشكلة قد تحدث من تداخل قيمة ضبط تيار القصر مع تيار البدء حيث أن تيار البدء دائما يكون ذي قيمة عالية " الشكل رقم 11 " ولكن يمكن تفادي هذا التداخل " إذا حدث " بإحدى وسيلتين :

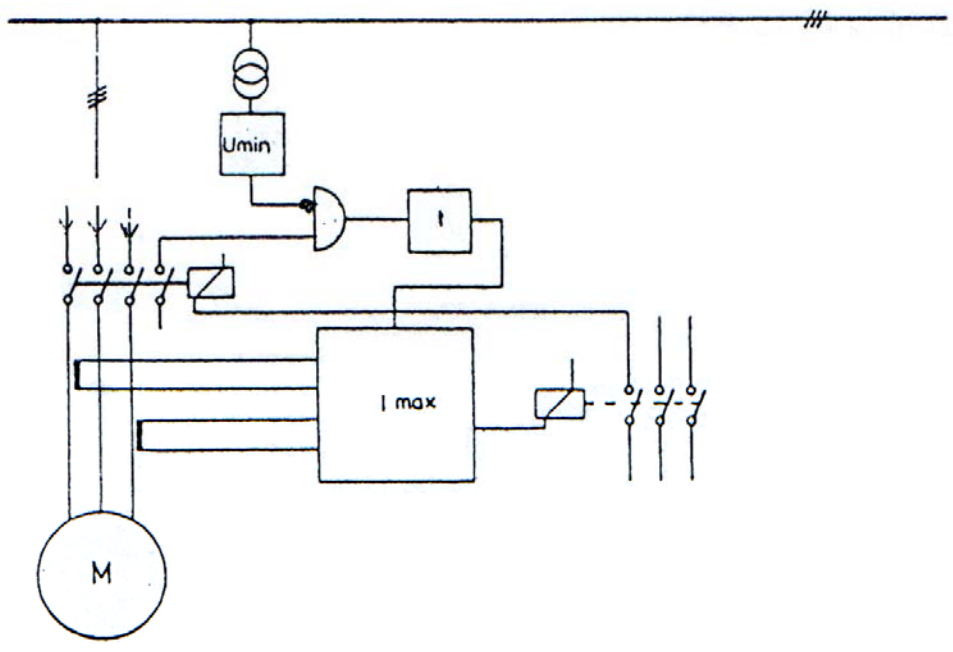
1- أخذ تلامس من القاطع المغذي للمحرك وتوصيله مع تلامس بالريلاي يسمى External Blocking وذلك لعمل إيقاف للريلاي وعدم إحساسه بالتيار العالي تم بعد مدة زمنية معينة يفك هذا الإيقاف ويعود إلى حالته الأولى الطبيعية وقد حدث في أحيان كثيرة أن هذا التلامس كان مفقودا ونتيجة لذلك ظل يفصل الريلاي بإشارة S.C مع عدم وجود هذا العطل مما إضطررنا لإختبار المحرك والكابل دون تحديد أي عطل بهما وكذلك تم تغيير الريلاي دون جدوى وكان السبب هو فقد هذا التلامس الذي يقوم بوظيفة الإيقاف لعمل الريلاي عند بدء التشغيل (Blocking) .

2- أخذ تلامس أيضا من القاطع ولكن لا يعمل إيقاف بل يزيد Setting " قيمة الضبط الخاص بال S.C إلى الضعف في حالة البدء ثم بعد ذلك ترجع إلى قيمتها العادية وذلك لتفادي حدوث تشغيل خاطئ للريلاي وقد تكون قيمة تيار البدء للمحرك عالية بالنسبة إلى قدرة المحول المغذي له وفي هذه الحالة يتم إستخدام أجهزة وقاية تفاضلية حيث تكون هذه الأجهزة لا تعتمد على قيمة تيار البدء مثل ما هو حادث في حالة إستخدام أجهزة الوقاية ضد تيار القصر التي يجب ضبطها بقيمة أعلى من تيار البدء .



I_{R1} = overcurrent setting during starting
 I_{R2} = overcurrent setting at normal speed
 t_A = motor starting time

Overcurrent protection with variable setting



Overcurrent protection with variable setting

شکل رقم (11)

حيث أنه يجب أن يتم ضبط أجهزة S.C على قيمة تيار أقل من 3/1 تيار القصر الخاص بمحول التغذية ويجب أن تكون قيمة الضبط أيضا أكبر من تيار البدء أي أن يكون قيمة الضبط = 1.6 تيار البدء

$$I_{3\phi} = \text{تيار القصر للمحول المغذي}$$

$$I_{L.R} = \text{وتيار البدء}$$

$$I_{set} = \text{وتيار الضبط}$$

$$\therefore I_{set} = \frac{I_{3\phi}}{3} \quad \therefore I_{3\phi} = 3 I_{set}$$

$$I_{set} = 1.6 I_{L.R}$$

$$\therefore \frac{I_{3\phi}}{I_{L.R}} = 3 \times 1.6 = 4.8 \approx 5$$

أي أن هذه النسبة وهي بين تيار القصر على المحول في حالة 3 Ø S.C إلى تيار البدء يجب أن تكون أكبر من 5

$$\frac{I_{3\phi S.C}}{I_{L.R}} \geq 5$$

ويجب أن تستخدم الوقاية التفاضلية عندما تكون قدرة المحرك تتجاوز نصف قدرة المحول المغذي له .

مثال :

نفرض أن محول يغذي محرك وقيمة الـ percent gimped له $Z = 0.8$ " للمحول "

∴ تيار القصر على البارة للمحول يساوي

$$I_{3\phi} = \frac{1}{0.08} = 12.5 \times I_n \text{ للمحول}$$

قيمة تيار البدء للمحرك منسوبا لقدرة المحول

$$I_{L.R} = \frac{1}{0.08 + X_M}$$

حيث قيمة X_M هي MOTOR Impedance

$$\frac{I_{3\phi}}{I_{L.R}} = \frac{0.08 + X_M}{0.08} \geq 5$$

وهي أكبر من أو تساوي 5 على حسب الفرض السابق

$$0.4 = 0.08 + X_M$$

$$X_M = 0.4 - 0.08 = 0.32$$

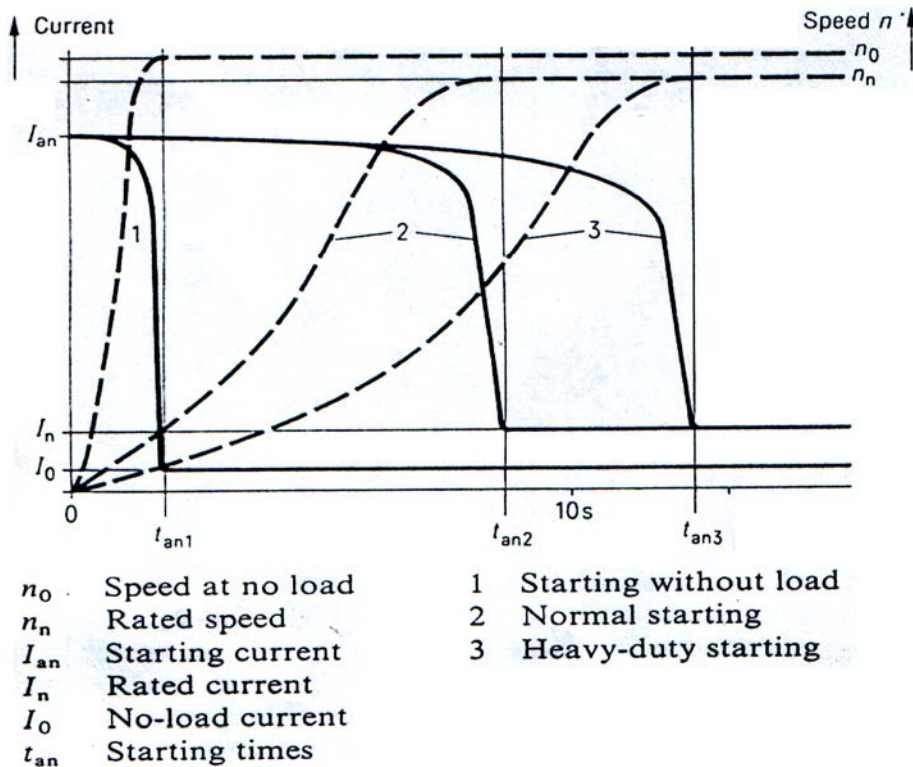
أي أن مقاومة المحرك لابد أن تكون أكبر من 0.32 بالوحدة على أساس K.V.A للمحول .
فإذا كان تيار المحرك = 6 أمثال تيار الحمل الكامل له تيار الحمل الكامل له

$$\therefore X_M = 1/6 = 0.167 \text{ Pe.U}$$

على أساس قدرة المحرك . فإذا كانت قدرة المحرك تساوي نصف قدرة المحول فإن X_M له على هذا الأساس الجديد وهو قدرة المحول = 0.334 أي أكبر من 0.32 % .

ومن هنا يتضح أن القاعدة العامة لإستخدام Diff تكون في حالة أن قدرة المحرك أكبر من 2/1 قدرة المحول المغذي غير أن هناك رأي آخر يقول بأن أجهزة الوقاية التفاضلية تضاف إلى المحرك إذا زادت قدرته عن 1.5 ميغا تقريبا وهذا الرأي معمول به أيضا .

وهناك ملاحظة مهمة أيضا يجب أن تلفت الأنظار إليها وهي أن قيمة تيار البدء للمحرك تكون نسبة من قيمة التيار الطبيعي له I_n وفي حدود من (5 - 8) أمثال I_n وهي لا تتغير في القيمة سواء كان المحرك يعمل بحمل او بدون حمل ولكن الذي يختلف فقط هو مدة دوام هذا التيار فعند البدء بالاحمل تكون مدته أقل منه عند البدء بالحمل و " الشكل رقم 12 " يوضح ذلك .



Current and speed curves during the starting of squirrel-

شكل رقم (12)

(2) الحماية ضد زيادة التيار (I >) (51)

زيادة التيار تكون نتيجة حمل زائد على المحرك أو نتيجة وجود مشاكل في المحرك أو نتيجة انخفاض الجهد وفي هذه الحالة يسحب المحرك تيار زائد عن معدل التيار الخاص به (I_n) وتكون قيمة الضبط المناسبة لهذه الحالة أن يكون

$$I_{\text{setting}} = 1/2 I_{L.R}$$

وزمنه أكبر من زمن البدء كما هو واضح من الجدول التالي وهو مقتبس من شركة ABB

للمحركات أقل من 1500 حصان وفي بعض الأحيان يسمى S.C بالـ Over current high setting أو اللحظي instantaneous ويسمى O.C (Over current low setting) وهذا خلاف الوقاية من Over load التي قد يحدث سوء فهم للفرق بين الحالتين .

Typical protection for Motors Below 1500 HP

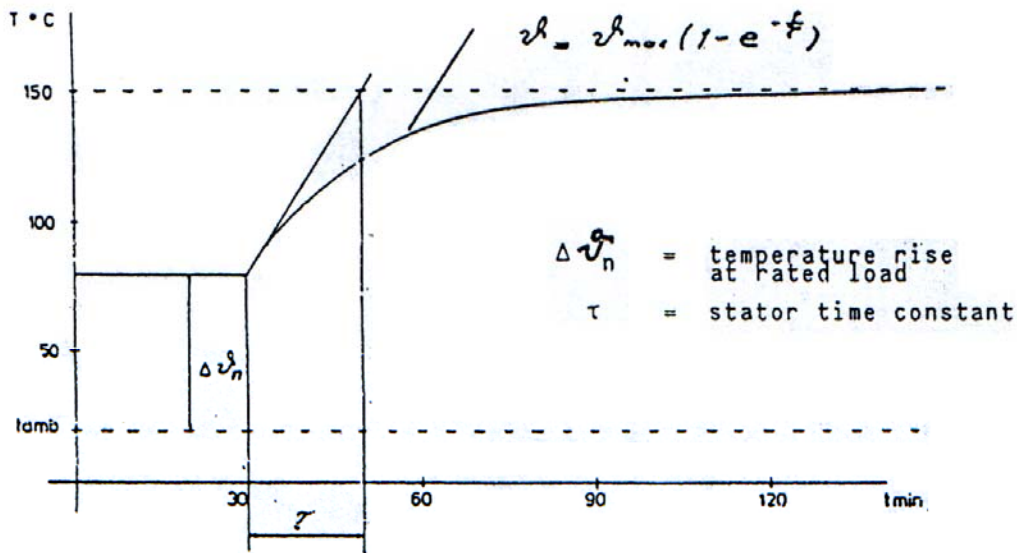
<i>Device number</i>	<i>Typical setting</i>	<i>Remarks</i>
49/50	Set at full load for motor with 1.15 service factor and 90 % of full load for 1.00 service factor motor. IT set 2 times locked rotor.	Good overload protection
51/50	Current setting 1/2 locked rotor. Time delay set to give operating time > starting time. IT set 2 times locked rotor.	Locked-rotor protection when starting time 20 to 70 sec. Locked-rotor protection when starting time \leq 20 sec.
50 G	0.25 A.	For use with 50/5 C.T
47/27	Low voltage 75% to 80%. $V_2 = 5\%$.	Undervoltage, phase sequence, and unbalanced voltage protection .
51N/50N	Pickup 0.5 A, time 0.1 sec at IT setting. IT set 4 * I_{FL} .	Provides ground protection. Time unit overrides false residual during starting.

W . S

(3) الوقاية ضد الحمل الزائد (O.L.) ($I > I_n$) (49)

عند زيادة قيمة التيار المسحوب بواسطة المحرك عن القيمة المحددة له (I_n) فإن ذلك مع الزمن يحدث إرتفاع في درجة الحرارة للمحرك وهذا يتوقف على العوامل الآتية :

- 1- مقدار الزيادة في التيار عن مقنن المحرك (I_n)
- 2- قدرة نظام التبريد الخاص بالمحرك سواء كان مروحة منفصلة أو مروحة مركبة على عمود الإدارة بالمحرك T.E.F.C أو نظام التبريد باستخدام مبدلات حرارية (هواء - هواء) أو (هواء - ماء) أو أي وسط تبريد ذلك حسب حجم المحرك وتصميمه
- 3- الفرق بين درجة حرارة المحرك ودرجة حرارة الوسط وهذا الفرق يظل ثابتا عندما يحدث إتزان ما بين الحرارة المتولدة والحرارة المفقودة بالإشعاع أو بواسطة نظام التبريد وجسم المحرك وجسم المحرك كأى جسم عندما يكون هناك مصدر لتوليد حرارة (وهو في حالتنا هذه يكون الأمبير المار بالمحرك) وقيمة الطاقة في هذه الحالة ($I^2 T$) ويوجد ما يسمى بالثابت الزمني للتسخين وهذا الثابت يرمز له بالرمز (τ) وهو الزمن الذي يمضي حتى ترتفع درجة حرارة جسم المحرك إلى ما يعادل $3/2$ من قيمتها القصوى نتيجة إرتفاع درجة حرارة المحرك عن القيمة الطبيعية له عند الحمل العادي و"الشكل رقم 13" يوضح ذلك .



Temperature rise of the stator due to overload

شكل رقم (13)

وإذا لم يكن هناك زيادة في الأمبير عن المعدل الطبيعي فإن درجة حرارة المحرك تظل عند درجة الحرارة الخاصة بالمعدل العادي لتحمل درجة حرارة جسم المحرك " في الرسم حوالي 85 درجة " وهي درجة الحرارة التي يحدث عندها إتزان بين ما يتولد وما يفقد من حرارة . أما إذا كان هناك زيادة في الأمبير فإنه يحدث إرتفاع في درجة حرارة المحرك وذلك نتيجة أن ما يولد من حرارة أكثر مما يفقد منها حتى يحدث إتزان مرة أخرى ولكن عند درجة حرارة أعلى ولتكن (150 درجة مئوية)

$$\Theta = \Theta_{\max} (1 - e^{-t/\tau})$$

ويوضع الزمن $\tau = T$ أي بعد مرور زمن يساوي الثابت الزمني للتسخين فإن

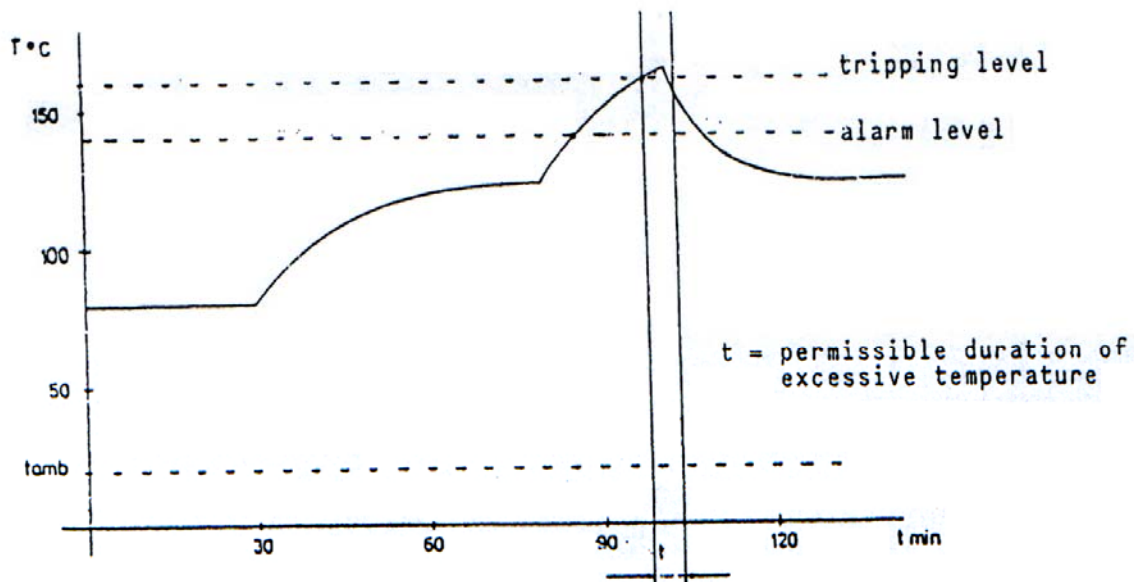
$$\Theta = \Theta_{\max} (1 - e^{-1})$$

$$= \Theta_{\max} \times 0.632$$

$$\simeq 2/3 \Theta_{\max}$$

وذلك كما سبق توضيحه وفي الغالب يوجد في الريلايهات مستويات لدرجات الحرارة ويعطي المستوى

الأول Alarm أما المستوى الأعلى فيعطي Trip كما هو موضح " بالشكل رقم 14 "



Detection of an alarm and a tripping level by thermal overload protection

شكل رقم (14)

ويلاحظ انه عندما يتم فصل المحرك بواسطة جهاز الوقاية فإن درجة حرارة المحرك تنخفض ويكون هناك ثابت زمني آخر يسمى الثابت الزمني لتبريد جسم المحرك ويرمز له بالرمز τ ويكون هذا الثابت أكبر من الثابت الخاص بالتسخين والسبب يرجع إلى أنه في حالة الإيقاف يتم التبريد بالهواء المحيط بدون مروحة لذلك يأخذ زمن أكبر " شكل رقم 15 "

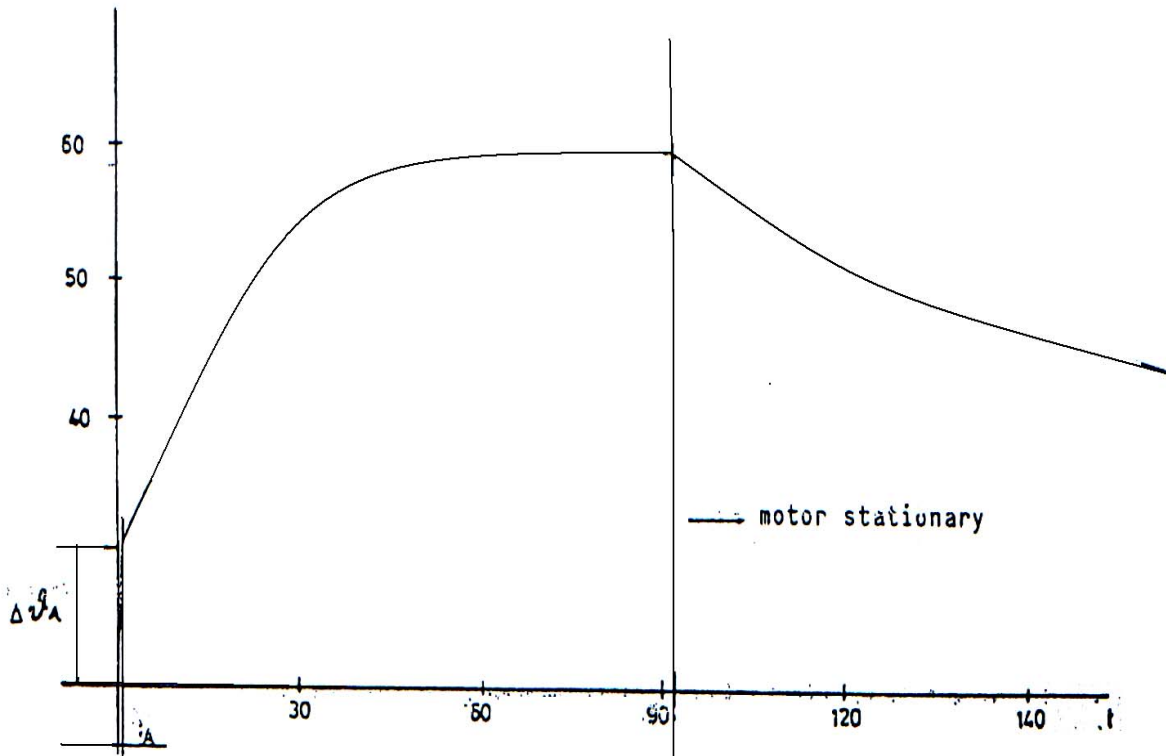


Fig. 8 - Temperature rise in the stator during starting and a period of operation and the fall in temperature when stationary.

شكل رقم (15)

حيث أن مروحة المحرك تكون متوقفة وإرتفاع درجة الحرارة كما ورد من قبل مرتبط بزيادة الأمبير عن المعدل وكذلك على درجة حرارة الوسط ويمكن إثبات أن الزيادة في درجة الحرارة مرتبطة بالزيادة في الأمبير من المعادلة الآتية

$$\Theta_I = \Theta_n + \Delta\Theta_n (I^2 - 1) (1 - e^{-t/\tau})$$

حيث أن: Θ_I هي درجة الحرارة اللحظية
 Θ_n هي درجة الحرارة عند معدل التيار
 $\Delta\Theta_n$ هي الإرتفاع في درجة الحرارة
 Θ_0 هي درجة الحرارة الهواء

$$\Delta\theta_n = \theta_n - \theta_0$$

$$\dot{I} = I / I_n =$$

النسبة بين التيار المار ومعدل التيار
ويلاحظ أنه في حالة تساوي التيار اللحظي مع معدل التيار فإن

$$\theta_I = \theta_n$$

$$\Delta\theta_n = \theta_n - \theta_0$$

$$\Delta\theta_{\max} = \theta_{\max} - \theta_0$$

ومن خلال التحليل الرياضي سوف نحصل على أن الزمن الذي يأخذ المحرك ليرتفع إلى درجة حرارة معينة يرتبط بمقدار الارتفاع في الأمبير عن المعدل ودرجة حرارة المحرك العادية

$$t_m = \tau \left(\frac{\Delta\theta_{\max} - \Delta\theta_n}{\Delta\theta_n (I^2 - 1)} \right)$$

$$\frac{\Delta\theta_{\max} - \Delta\theta_n}{\Delta\theta_n (I - 1)} \leq 0.1 \quad \text{وهذه المعادلة تقريبية بشرط}$$

$$I = I / I_n \geq 2 \quad \text{حيث أن}$$

فإذا كان $I = 2$ أي أن التيار ضعف معدل التيار ، $\Delta\theta_n = 80 \text{ K}$ وهو المعدل الطبيعي لإرتفاع درجة الحرارة عن درجة حرارة الوسط وكانت $\tau = 30$ دقيقة . فإذا كان الارتفاع في درجة حرارة المحرك عن المعدل الطبيعي له بمقدار 20 درجة فإنه يأخذ الوقت الآتي

$$\Delta\theta_m - \Delta\theta_n = 20 \text{ K}$$

$$t_m = 1800 \frac{20}{80 \times (4 - 1)} = \frac{1800 \times 20}{80 \times 3}$$

$$t_m \simeq \underline{\underline{150 \text{ sec}}} = \underline{\underline{2.5 \text{ mint}}}$$

أي أن المحرك يأخذ حوالي 150 ثانية لكي ترتفع درجة حرارته عن درجة حرارته العادية بمقدار 20 مئوية وذلك في حالة مرور تيار يساوي ضعف I_n .
وقيمة ضبط تيار زيادة الحمل للمحركات التي لها معامل خدمة

$$\text{Service factor} = 1.15$$

تكون قيمة الضبط = مقدار تيار الحمل الكامل

W . S

أما إذا كان معامل الخدمة = 1

فإن قيمة الضبط = 90% من قيمة تيار الحمل الكامل

For service factor = 1.15

Setting = 100 % from full load

For service factor = 1

Setting = 90 % F.L

أما المعادلة الصحيحة بدون تقريب فهي كالآتي :

$$t_m = \tau \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta\Theta_{\max} - \Delta\Theta_n}{\Delta\Theta_n (I^2 - 1)}} \right)$$

حيث أن :

$$\Delta\Theta_{\max} = \Theta_{\max} - \Theta_n$$

$$\Delta\Theta_n = \Theta_n - \Theta_o$$

$$\Theta_o = 40 = \text{درجة حرارة الجو}$$

$$\Theta_n = \text{درجة حرارة الجسم في حالة الحمل الكامل}$$

$$\Theta_{\max} = \text{أقصى درجة حرارة يصل إليها الجسم}$$

مثال :

على التطبيق في المعادلة بدون تقريب حيث أن :

$$\tau = 30 \text{ min Or } 1800 \text{ sec} , \quad I = 1.2 ,$$

$$\Theta_{\max} - \Theta_n = 20 \text{ K}^\circ ,$$

$$\Theta_n - \Theta_o = 80 \text{ K}^\circ$$

$$t_m = 1800 \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{20}{80(1.44 - 1)}} \right) = 1800 \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{4 \times .44}} \right)$$

$$= 1800 \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{1.76}} \right)$$

$$= 1800 \ln \left(\frac{1}{1 - .568} \right)$$

W . S

$$= 1800 \ln \left(\frac{1}{0.41818} \right)$$

$$= 1800 \times 0.83975$$

$$t_m = \underline{\underline{1511 \text{ sec}}}$$

والشكل رقم 16 يبين منحنيات التسخين والتبريد مع بيان قيم التيار

وإذا كان للريلاي ضبط لدرجة الحرارة (Θ) فإنه قيم الضبط الآن يوصى بها :

$$\Delta\Theta_1 = 115\% \quad , \quad \Delta\Theta_2 = 125\%$$

بشرط عدم زيادة درجة حرارة الملفات 140 درجة مئوية ونسبة $\Delta\Theta_1$ ، $\Delta\Theta_2$ من قيمة إرتفاع درجة حرارة الملفات عند درجة حرارة الجو المحيط ومقدارها (85 K°) .

أي أن هناك شرطان يجب يتحققا لإستمرار المحرك في الخدمة وهما

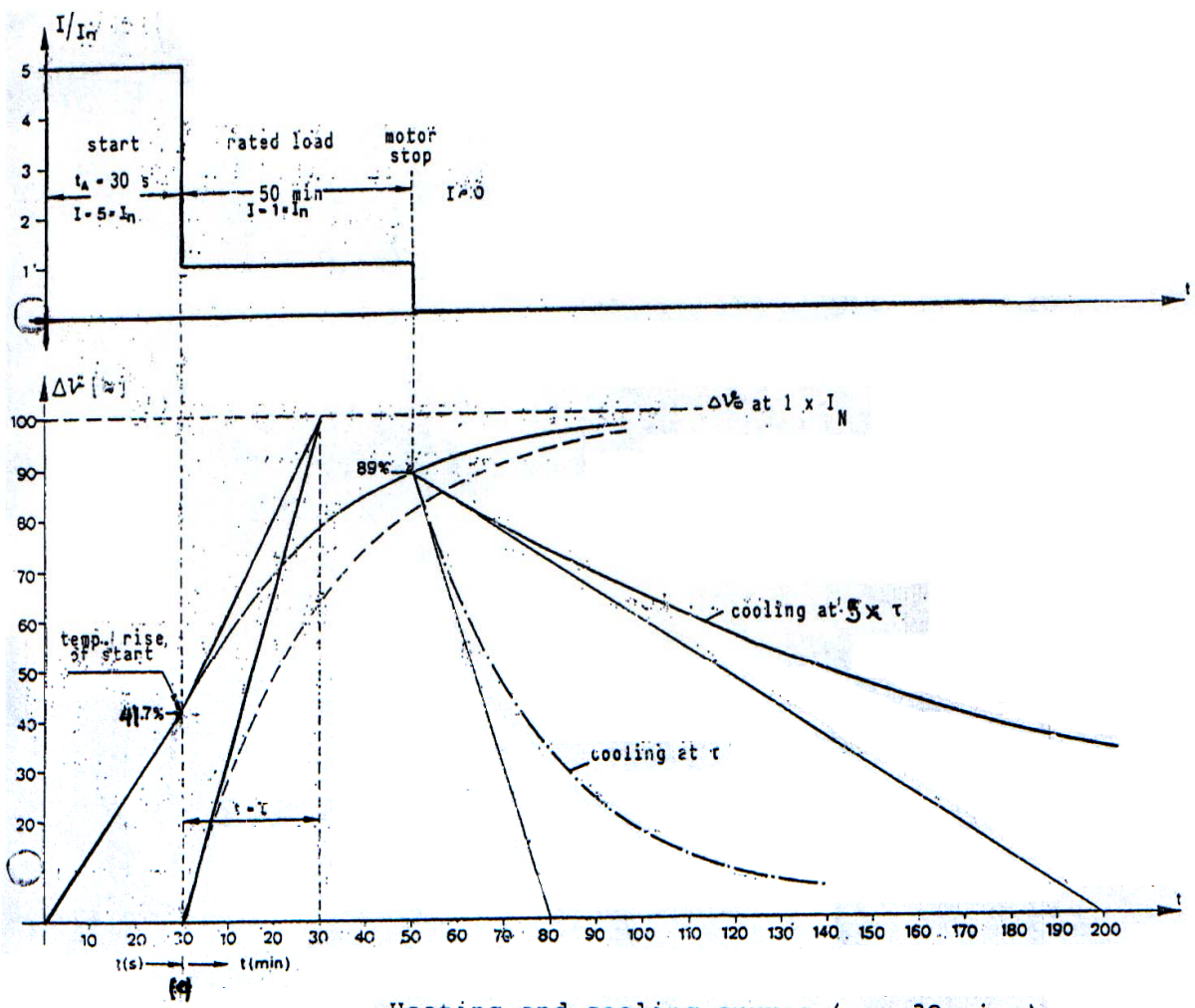
$$\Delta\Theta_1 \succ 115\% \text{ Alarm}$$

$$\Delta\Theta_2 \succ 125\% \text{ Trip}$$

من قيمة الإرتفاع في درجة
المحرك عن درجة حرارة
الوسط (85 K)

$$\text{And Temp. of motor winding} \succ 140 \text{ C}^\circ$$

W . S



Heating and cooling curves ($\tau = 30 \text{ min.}$)

شکل رقم (16)

$$\Delta\Theta_{\max} = \Theta_{\max} - \Theta_o = 140 - 40 = 100 \text{ K}^\circ$$

$$\Delta\Theta_n = \Theta_n - \Theta_o = 120 - 40 = 80 \text{ K}^\circ$$

$$\therefore \Delta\Theta_{\max} - \Delta\Theta_n = 100 - 80 = 20$$

$$\tau = 50 \text{ min.}$$

$$I/I_n = 1.5$$

والمطلوب حساب T_m باستخدام

1 - المعادلة بدون تقريب

2 - المعادلة المقربة

① أولا المعادلة بدون تقريب :

$$T_m = \tau \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta\Theta_{\max} - \Delta\Theta_n}{\Delta\Theta_n (I^2 - 1)}} \right)$$

$$T_m = 50 \times 60 \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{20}{80(2.25 - 1)}} \right)$$

$$= 3000 \ln \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{4} \times \frac{1}{2.25}\right)}$$

$$= 3000 \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{5}} \right) = 3000 \ln \left(\frac{1}{1 - 0.2} \right)$$

$$= 3000 \ln \frac{1}{0.8} = 3000 \ln 1.25$$

$$= 3000 \times 0.2231$$

$$= 669.3 \text{ sec}$$

$$= \underline{\underline{11.15 \text{ min.}}}$$

W . S

② ثانيا المعادلة بالتقريب :

المعادلة تقرب إلى الصورة الآتية بشرط

$$\frac{\Delta\theta_m - \Delta\theta_n}{\Delta\theta_n (\dot{I}^2 - 1)} \leq 0.1$$

وعليه تكون المعادلة هي :

$$T_m = \tau \left(\frac{\Delta\theta_{\max} - \Delta\theta_n}{\Delta\theta_n (\dot{I}^2 - 1)} \right)$$

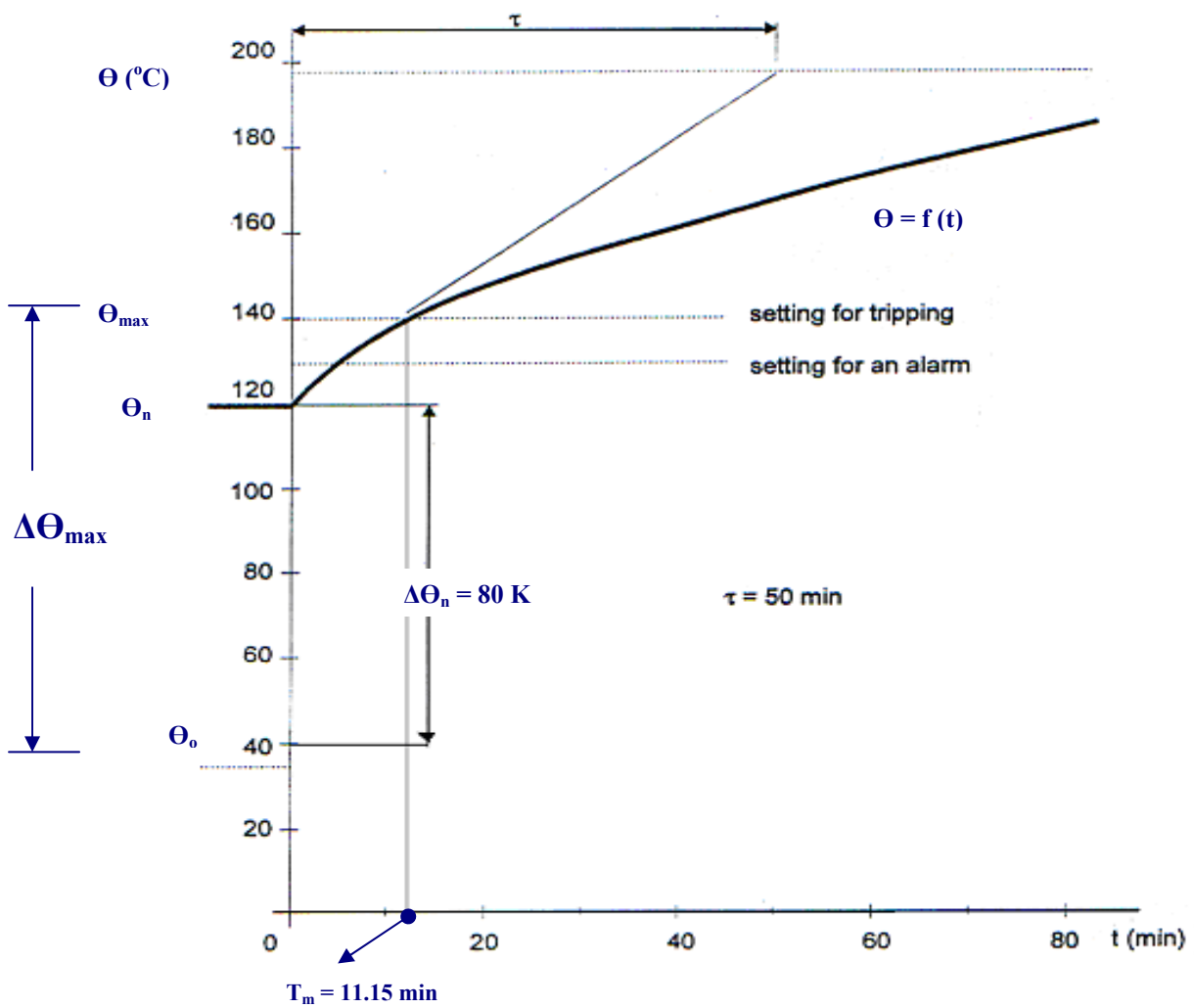
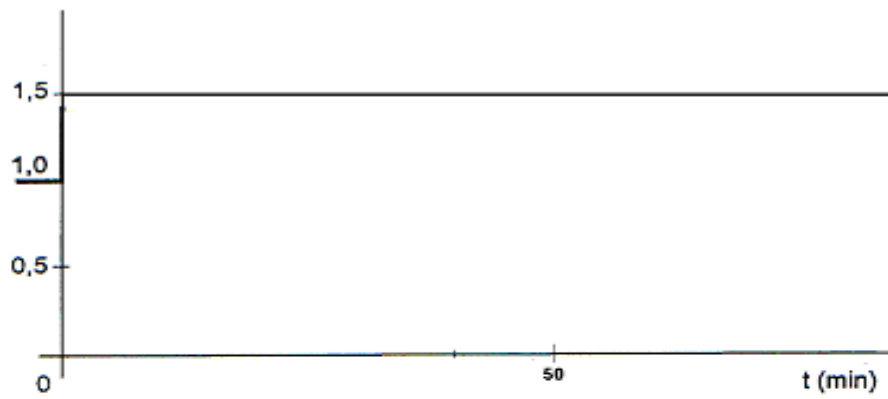
$$= 50 \times 60 \left(\frac{20}{80 (2.25 - 1)} \right)$$

$$= 3000 \left(\frac{1}{4 \times (1.25)} \right) = \frac{3000}{4 \times (1.25)}$$

$$= 600 \text{ sec} = 10 \text{ min}$$

وهذه القيم موضحة في " الشكل رقم 17 "

W . S



Temperature rise at a suddenly increased current

شكل رقم (17)

(4) الوقاية من زيادة زمن البدء (Starting time too long) ($T_s \gg$)

Prolonged start and stalled protection

" سحب تيار كبير (تيار البدء) لمدة طويلة قد يسبب إرتفاع في درجة حرارة المحرك عموما جزئية الثابت والمتحرك " وتعمل أجهزة الوقاية في هذه الحالة لفصل المحرك عن المصدر حتى لا يحدث تدمير له والوقاية التي تعمل هي إما الوقاية الحرارية أو الوقاية من زيادة التيار بعد زمن محدد وتصنف المحركات في هذا الصدد إلى :

1) Stator-critical motor (S. C. M)

وفيه ترتفع درجة حرارة ملفات الجزء الثابت حتى في حالة Locked rotor إلى مستويات غير مقبولة بالنسبة لنوع العزل المستخدم وذلك بصورة أسرع مما يحدث في الملفات أو البارات الموجودة في الجزء الدائر وهذه يمكن حمايتها باستخدام R.T.D أو زيادة الحمل حراريا Thermal O/L

2) Rotor –critical motor (R. C. M)

وفيه تكون بارات الجزء الدائر أو ملفاته حساسه لإرتفاع درجة الحرارة أكثر من ملفات الجزء الثابت وتتم الحماية في هذه الحالة بإستخدام أجهزة الوقاية Over current – time

(5) الوقاية ضد إرتفاع درجة الحرارة θ

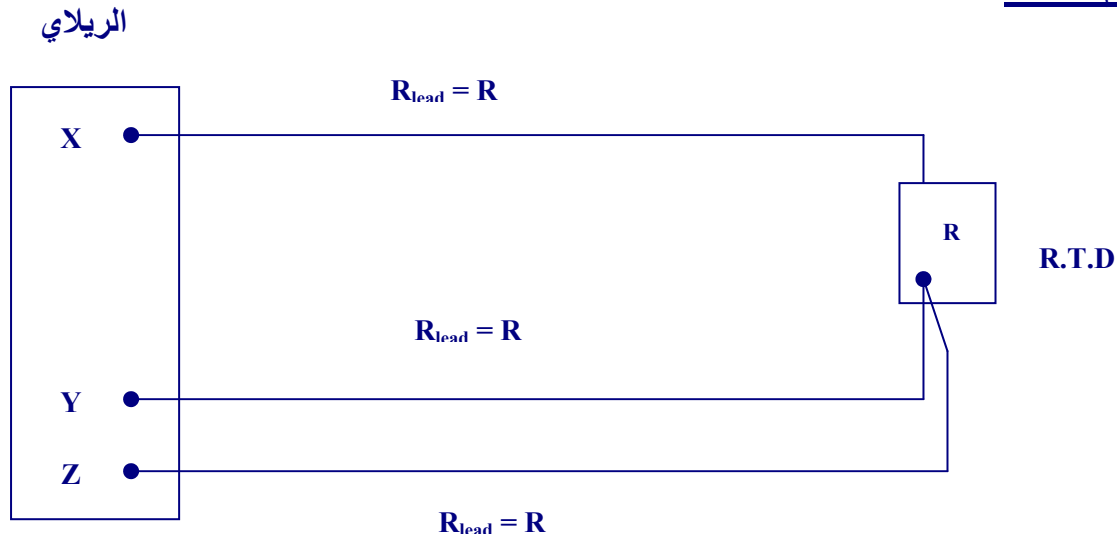
يتم هذا النوع من أنواع الوقاية بزراع حساسات لدرجة الحرارة داخل ملفات المحرك (حساس واحد لكل فازه أو عدد (2) حساس لكل فازه) . ويتم توصيل أطراف الحساس بأطراف كابل من موقع المحرك وحتى مكان تواجد الريلاي " في محطة المحولات Substation " وهذه الأطراف تمتد إلى مسافات طويلة قد تصل إلى أكثر من 300 متر وهذا يعرضها إلى مشكلتين :

المشكلة الأولى: مشكلة الشوشرة الناتجة عن وجود هذه الأطراف بجوار كابلات أخرى تحمل تيارا موجودة معها في نفس الترانش ويمكن التغلب على هذه المشكلة بمد كابلات تحتوي على Shelled أي ساتر أو حاجب لتأثير الفيض المغناطيسي وتوصيل هذا الحاجب من جهة واحدة فقط بالأرض أو مد هذه الكابلات داخل مواسير معدنية Conduit

المشكلة الثانية: وهي وجود مقاومة لأطراف التوصيل وخصوصا مع المسافات الطويلة وهذه المقاومة تضاف إلى مقاومة الحساس " Sensor " وتؤثر في قرارة درجة الحرارة ويمكن التغلب على هذه المشكلة بإستخدام حساس ذي ثلاثة أطراف .

وذلك لعمل تعويض لملامشة قيمة مقاومة الأطراف ونوضح ذلك بفرض أن الريلاي R وموصل به حساس الحرارة (R.T.D) بالنقط X , Y , Z على روزته الريلاي المخصصة لذلك

" الشكل رقم 18 "



شكل رقم 18

يقوم الريلاي بتسليط جهد بين النقطتين X , Z وكذلك بين Y , Z بحيث أن الجهد الأول V_{XZ} يحدث تيار مقداره I_c في الدائرة X - R.T.D - Z . وكذلك الجهد V_{YZ} يحدث نفس التيار I_c في الدائرة Y - Z . وهذا الجهد V_{YZ} بطبيعة الحال أقل من الجهد V_{XZ} .

$$\therefore V_{XZ} = I_c R_{lead} + I_c R_{R.T.D} + I_c R_{lead} \quad (1)$$

$$V_{YZ} = I_c R_{lead} + I_c R_{lead} \dots\dots\dots (2)$$

ب طرح (2) من (1) يتم الآتي

$$V_{XZ} - V_{YZ} = I_c R_{R.T.D}$$

$$\therefore \Delta V = V_{xy} = I_c R_{R.T.D}$$

أي لا تعتمد على مقاومة الأطراف R_{lead} وتكون قيمة مقاومة الحساس تساوي

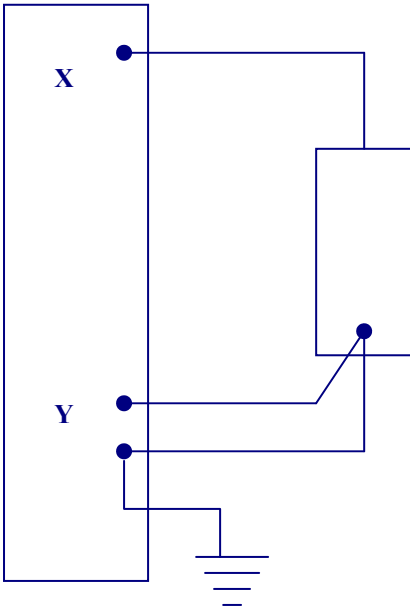
$$R_{R.T.D} = \frac{V_{xy}}{I_c}$$

W . S

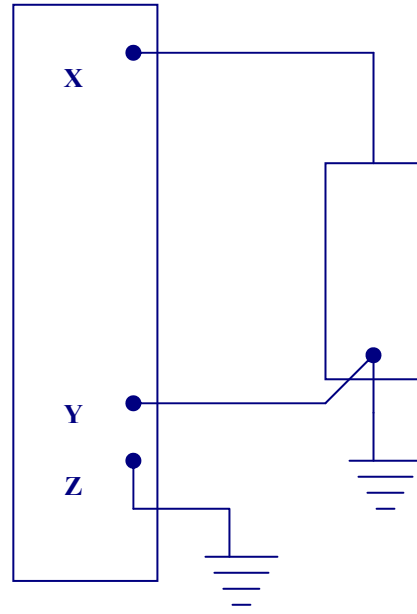
وبمراقبة قيمة هذه المقاومة يمكن تحديد درجة حرارة المحرك ومن ثم ضبط قيمة معينة Threshold ليفصل عندها الريلاي دائرة المحرك حماية له من الإرتفاع في درجة الحرارة .

ملاحظة هامة

الطرف الثالث للحساس والموصل إلى النقطة Z يجب أن يوصل بالأرضي فقط من عند الريلاي وليس من عند الحساس وذلك لإدخال هذا الطرف في الدائرة لإمكان عمل تعويض سليم .



سليم



خاطئ

شكل رقم (19)

وتوجد عدة أنواع من المواد التي تصنع منها هذه الحساسات وهي كالاتي :

- 1) 10 Ω Copper
- 2) 100 Ω Nickel
- 3) 120 Ω Nickel
- 4) 100 Ω Platinum (PT 100)
- 5) 250 Ω Platinum (PT 250)
- 6) 1000 Ω Platinum (PT 1000)

والجدول التالي يبين درجات الحرارة المختلفة وقيم هذه المقاومات عندها والتي تستخدم كوسيلة لقياس درجات الحرارة .

RTD temperature vs resistance

Resistance values (Ω) of RTD sensors at specified temperatures are presented in the table below.

Resistance values of RTD sensors

Temperature °C	Platinum TCR 0.00385			Nickel TCR 0.00618		Copper TCR 0.00427	Nickel TCR 0.00672
	Pt 100	Pt 250	Pt 1000	Ni 100	Ni 120	Cu 10	Ni 120 US
-40	84.27	210.68	842.7	79.1	94.92	7.49	92.76
-30	88.22	220.55	882.2	84.1	100.92	-	-
-20	92.16	230.4	921.6	89.3	107.16	8.26	106.15
-10	96.09	240.23	960.9	94.6	113.52	-	-
0	100.00	250	1000	100.0	120	9.04	120.00
10	103.90	259.75	1039	105.6	126.72	-	-
20	107.79	269.48	1077.9	111.2	133.44	9.81	134.52
30	111.67	279.18	1116.7	117.1	140.52	-	-
40	115.54	288.85	1155.4	123.0	147.6	10.58	149.79
50	119.40	298.5	1194	129.1	154.92	-	-
60	123.24	308.1	1232.4	135.5	162.36	11.352	165.90
70	127.07	317.68	1270.7	141.7	170.04	-	-
80	130.89	327.23	1308.9	148.3	177.96	12.12	182.84
90	134.70	336.75	1347	154.9	185.88	-	-
100	138.50	346.25	1385	161.8	194.16	12.90	200.64
120	146.06	365.15	1460.6	176.0	211.2	13.67	219.29
140	153.58	383.95	1535.8	190.9	229.08	14.44	238.85
150	-	-	-	198.6	238.32	-	-
160	161.04	402.6	1610.4	206.6	247.92	15.22	259.30
180	168.46	421.15	1684.6	223.2	267.84	-	280.77
200	175.84	439.6	1758.4	240.7	288.84	-	303.46
220	-	-	-	259.2	311.04	-	327.53
240	-	-	-	278.9	334.68	-	353.14
250	194.07	485.18	1940.7	289.2	347.04	-	-
260	-	-	-	-	-	-	380.31
300	212.02	530.05	2120.2	-	-	-	-
350	229.67	574.18	2296.7	-	-	-	-
400	247.04	617.6	2470.4	-	-	-	-
450	264.11	660.28	2641.1	-	-	-	-
500	280.90	702.25	2809	-	-	-	-
550	297.39	743.48	2973.9	-	-	-	-
600	313.59	783.98	3135.9	-	-	-	-

W . S

(6) الوقاية من عدم إتران جهد المصدر (I_2) Phase unbalance

ينشأ عدم الإتران في تيار الثلاث فيزات Unbalance من عدم إتران جهد المصدر أو أن المحرك نفسه به مشكلة في الملفات (مثل حدوث قصر بين بعض الملفات) وعدم الإتران هذا ينشأ عنه الثلاث مركبات والآتية وهما :-

(1) مركبة التتابع الموجب I_1

(2) مركبة التتابع السالب I_2

(3) مركبة التتابع الصفر I_0

وقد إتخذ I_2 كمؤشر لحدوث حالة عدم الإتران وعليه يتم قياس I_2 بإستخدام دائرة معينة تسمى

Symmetrical component filter

نفرض أن التيار في الثلاث فيزات عند حدوث عدم إتران هو I_a, I_b, I_c وفيهم إختلاف في القيم والزاوية بين I_b, I_a أو بين I_c, I_b أو بين I_a, I_c ليست 120 درجة .

فإنه يمكن تحليل هذه القيم إلى ثلاث مركبات وهما I_0, I_2, I_1 أي ثلاث فيزات متزنة قيمتها I_1 والزاوية بين كل منها 120 درجة وتدور في إتجاه ضد عقارب الساعة وتسمى مركبة التتابع الموجبة فيما بينها وقيمتها I_2 والزاوية بين كل إثنين منها = 120 درجة وتدور في إتجاه مع عقارب الساعة وتسمى مركبة التتابع السالبة .

أما المركبة الأخرى فهي عبارة عن ثلاث مركبات ليس بينها وبين بعضها أي زاوية ولكن متساوية القيم وتسمى مركبة التتابع الصفرية I_0 والعلاقة التي تربط هذه القيم ببعضها هي كالاتي :

$$\begin{vmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_0 \end{vmatrix}$$

وهذه العلاقة تعطي القيم I_c, I_b, I_a

بدلالة I_0, I_2, I_1

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0$$

أما إذا أريد القيم I_0, I_2, I_1 بدلالة I_c, I_b, I_a فإن

$$\begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_0 \end{vmatrix} = 1/3 \begin{vmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{vmatrix}$$

$$I_1 = 1/3 (I_a + a I_b + a^2 I_c)$$

$$I_2 = 1/3 (I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

$$I_0 = 1/3 (I_a + I_b + I_c)$$

حيث a عبارة عن مؤثر قيمته 1 وزاويته 120 درجة أي أن

$$a = 1 \quad | \quad 120$$

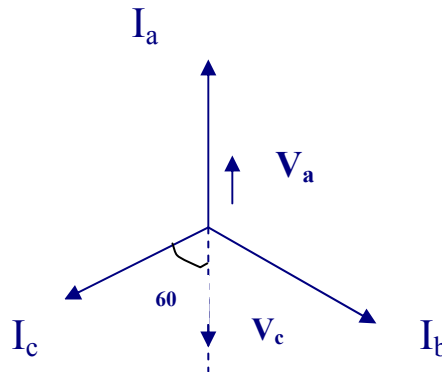
$$a^2 = 1 \quad | \quad 240$$

$$a^3 = 1 \quad | \quad 360 = 1$$

$$1 + a + a^2 = 0$$

ويظهر عدم الإتزان عند ظهور مركبة التتابع السالب (I_2) ويتم قياسها بعدة طرق ولكن هناك طريقة

نوردها فيما يلي شكل رقم (20) :

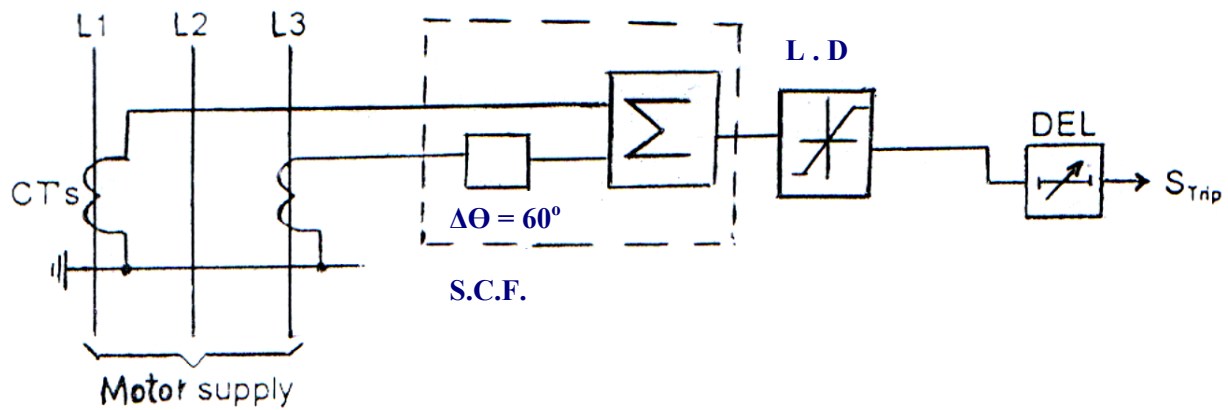


$$V_a = I_a \times R$$

$$V_c = I_c \times Z \quad | \quad 60$$

شكل رقم (20)

نأخذ قياس للتيار على الفازة a (I_a) ونأخذ قياس للتيار على الفازة c (I_c) وندخل هذا الأخير على ما يسمى phase shift unit وهذه تعمل بإزاحة مقدارها 60 درجة على I_c أي يصبح I_c على إستقامة I_a فإذا كان مساوي له في المقدار فإن المحصلة تكون مساوية صفرا ولا يوجد ما يشغل الريلاي أما إذا كان هناك محصلة إتران $I_c = I_a$ فإنه نه تكون هناك محصلة وفي هذه الحالة يحس الريلاي ويحدث له action أو Energizing ويجب ملاحظة أن القياس في هذه الحالة يتم a, c أو b, a أو b, c شكل رقم (21)



Block diagram of an NPS protection for an HV three-phase motors

شكل رقم (21)

L . D = level Detector

S.C.F = symmetrical component filter

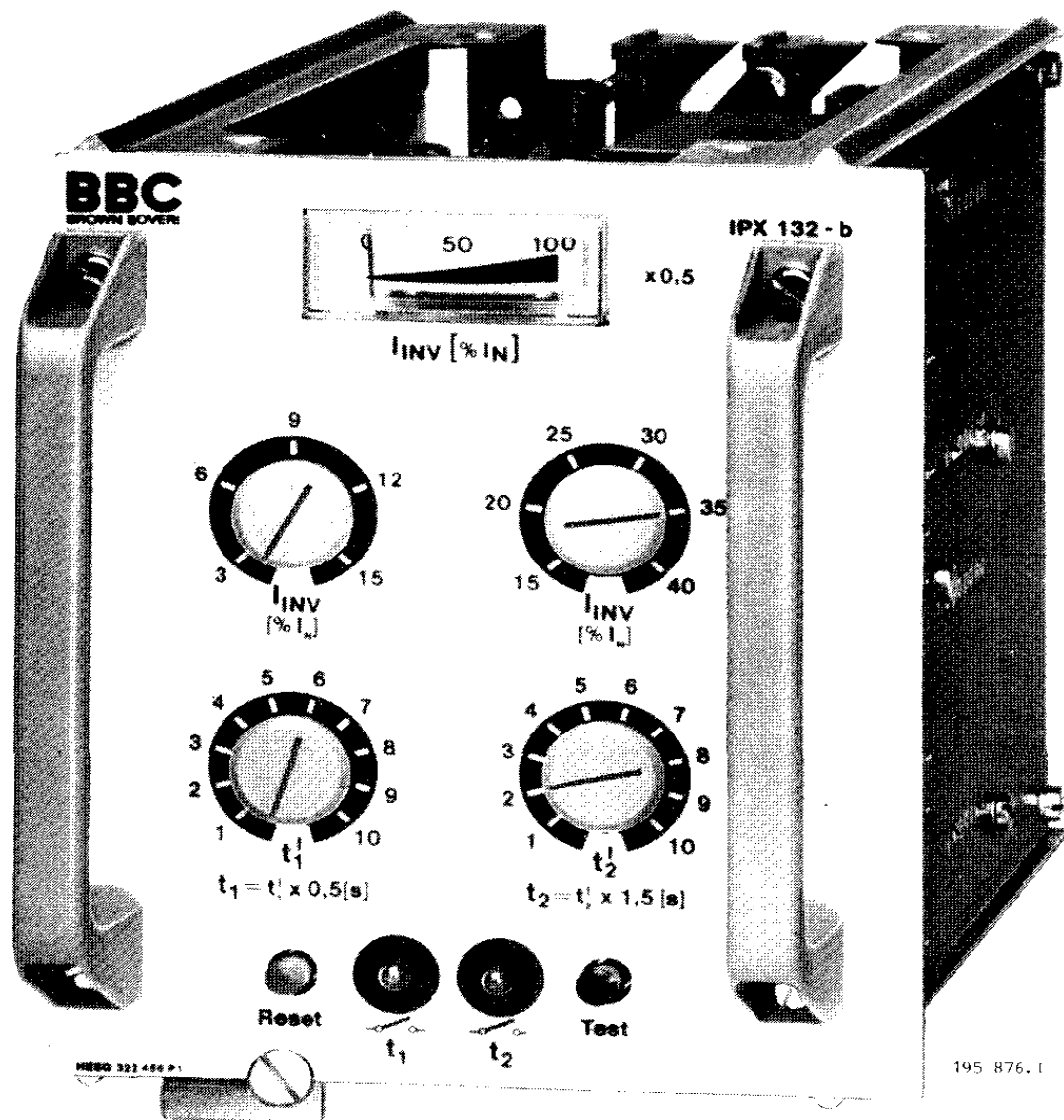
وكما سبق التوضيح فإن خطورة هذا النوع هي بالمقام الأول على الجزء المتحرك وإختلاف مقداره 3% فقط في جهد المصدر.

يحدث إختلاف في التيار للمحرك $I_2 = 10 - 20\%$ of motor rated current

وفيما يلي دائرة أحد هذه الريلايات مع block diagram يوضح نظرية عملها كما سبق شرحه

أشكال رقم (22) أ ، ب ، ج

كما يوجد شكل يبين تفاصيل دائرة S.C.F لقياس المركبة السالبة شكل رقم (23).



- Negative phase-sequence relay type IPX 132 b

شكل رقم (22) أ

W . S

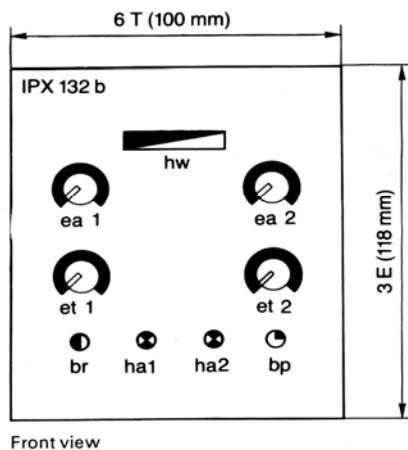
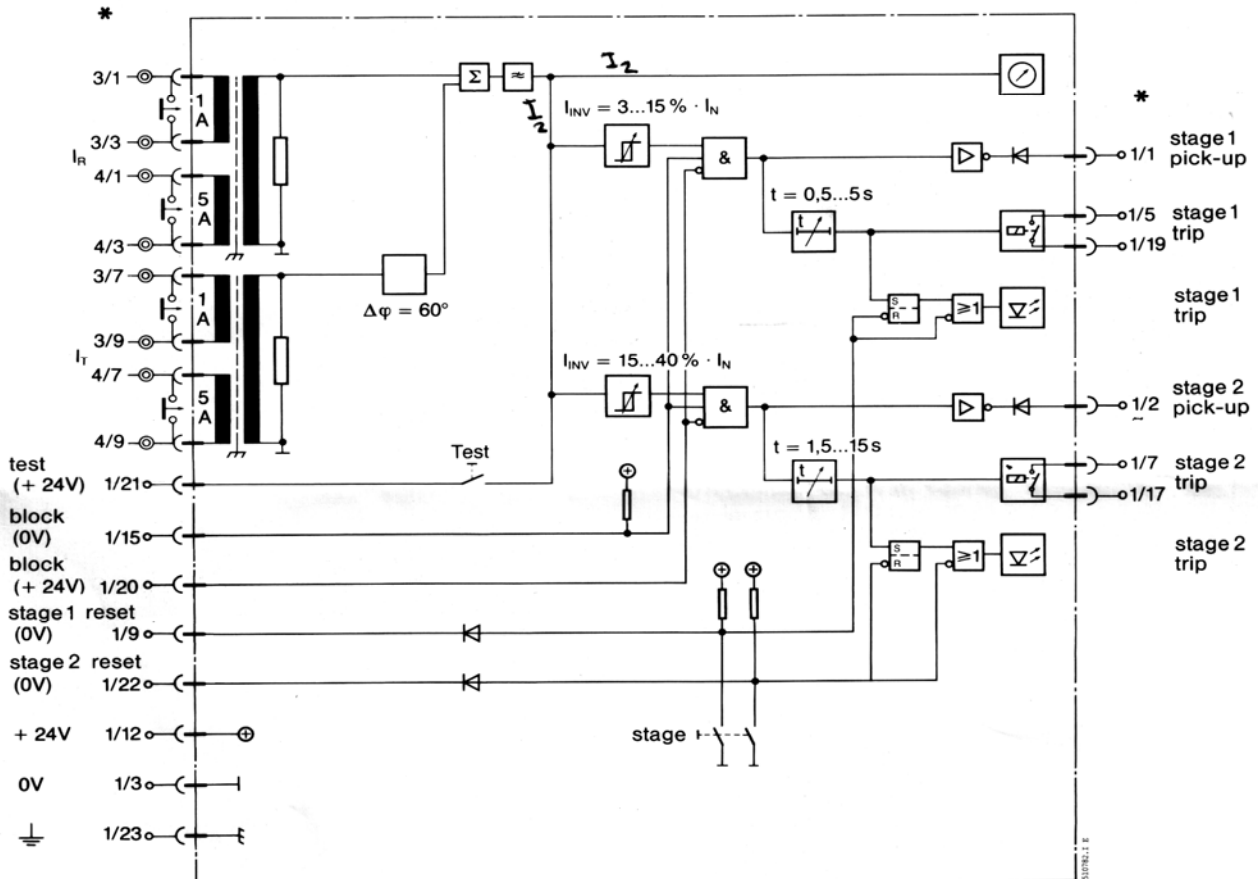
Block diagram

Negative phase-sequence relay type IPX 132b

bp = Test button
 br = Reset button
 da = Aux. tripping relay
 et = Timer setting

ea = Pick-up setting
 hw = NPS indicator
 ha = Tripping signal

(*) = Terminals
 Rack division/Terminal No.



Front view

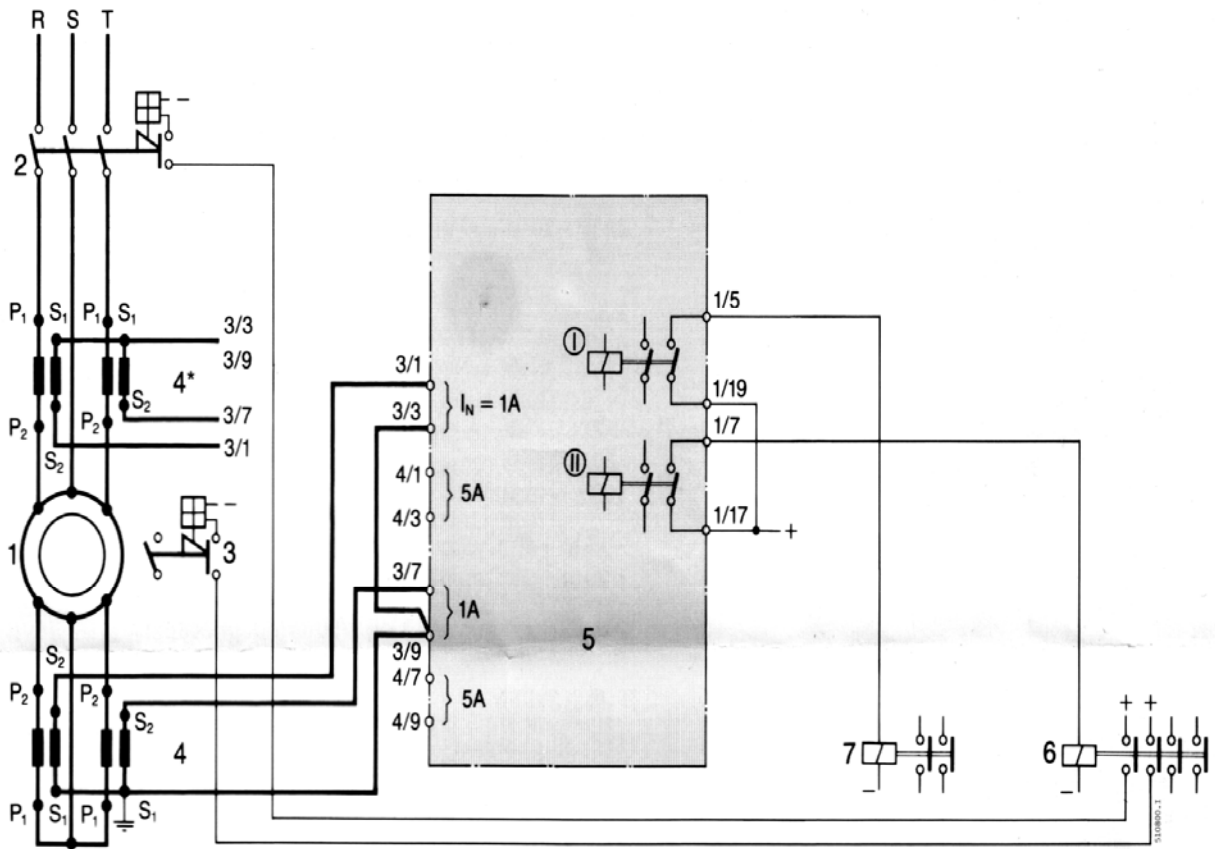
شکل رقم (22) ب

Connection diagram

NPS protection type IPX132b

- 1 = Generator
- 2 = Circuit-breaker
- 3 = Field switch
- 4 = C.t.'s (relay connection at 4 or 4*)
- 5 = Relay type IPX132b
- 6 = Aux. tripping relay
- 7 = Aux. signalling relay

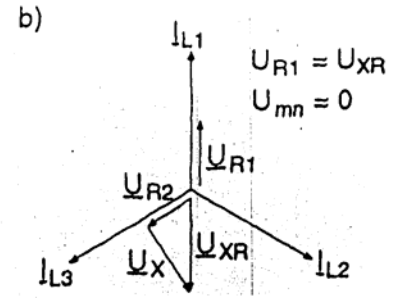
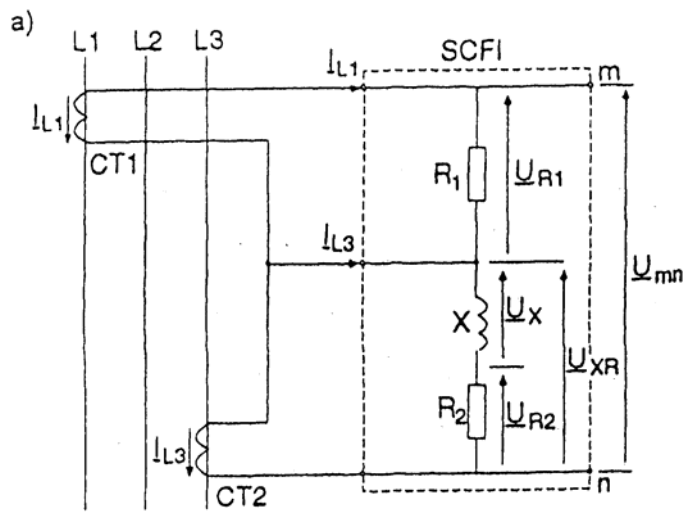
- ⓪ = Stage 1 = Indication (ea 1, et 1) = alarm
- ⓫ = Stage 2 = Tripping (ea 2, et 2) = trip



شكل رقم (22) ج

$$\underline{U}_M = \underline{U}_{mn} = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{XR}$$

$$\underline{U}_{XR} = \underline{U}_X + \underline{U}_{R2}$$



c)

Symmetrical component filter for obtaining the negative-sequence component of the current

نظرية عمل الفلتر الخاص بالحصول على مركبة التتابع السالبة S.F.C. والمستخدم في ريلاي
الوقاية NPS

شكل رقم (23)

W . S

7) الوقاية ضد زرجنة الجزء الدائر Locked rotor

زرجنة العضو الدائر معناها توقف المحرك عن الإدارة كلياً وهذا يعني أنه يسحب تيار البدء دون أن يتحرك الجزء الدائر أي أن مروحة التبريد متوقفة وهذا يعني أن هناك حرارة كبيرة متولدة ولا توجد وسيلة للتبريد لتوقف المروحة عن العمل في النوع T.E.F.C وهذا يجعل درجة حرارة الملفات ترتفع بسرعة كبيرة عنها في أثناء زيادة الحمل . والحماية في هذه الحالة تكون لهال حالتان :

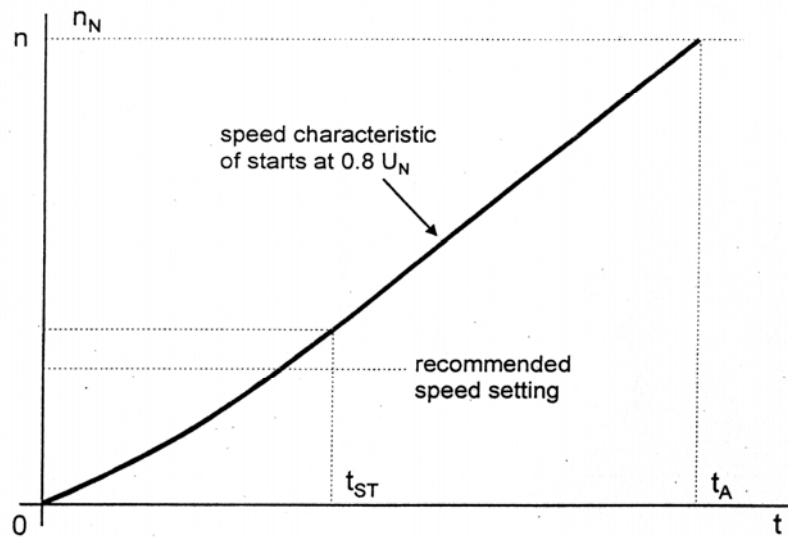
(1) الحالة الأولى: أن يكون زمن البدء T_a أقل من زمن T_{st} (permissible standstill time) أي الزمن المسموح به لمرور تيار البدء وهذا هو المتبع في معظم المحركات وهذا يكون ممكن في حالة $T_a < T_{st}$

(2) الحالة الثانية: وهي أن يكون زمن البدء T_a أكبر من زمن T_{st} (permissible standstill time) وفي هذه الحالة يلزم قياس السرعة الخاصة بالمحرك وتحديد مدى تصاعدها مع الزمن . فإذا كانت السرعة تزيد مع الزمن في خلال فترة T_{st} يظل المحرك في الخدمة حتى يصل إلى سرعته الكاملة عند نهاية الزمن T_a الذي هو أكبر من T_{st} . أما إذا لم يتحقق زيادة السرعة في خلال الفترة الزمنية T_{st} بقيمة يتم ضبطها فإن المحرك يتوقف حماية له **والشكل التالي رقم (24)** يوضح ذلك.

Motor Protection

1MRB520048-Len

ABB



Locked-rotor protection for $t_{ST} < t_A$

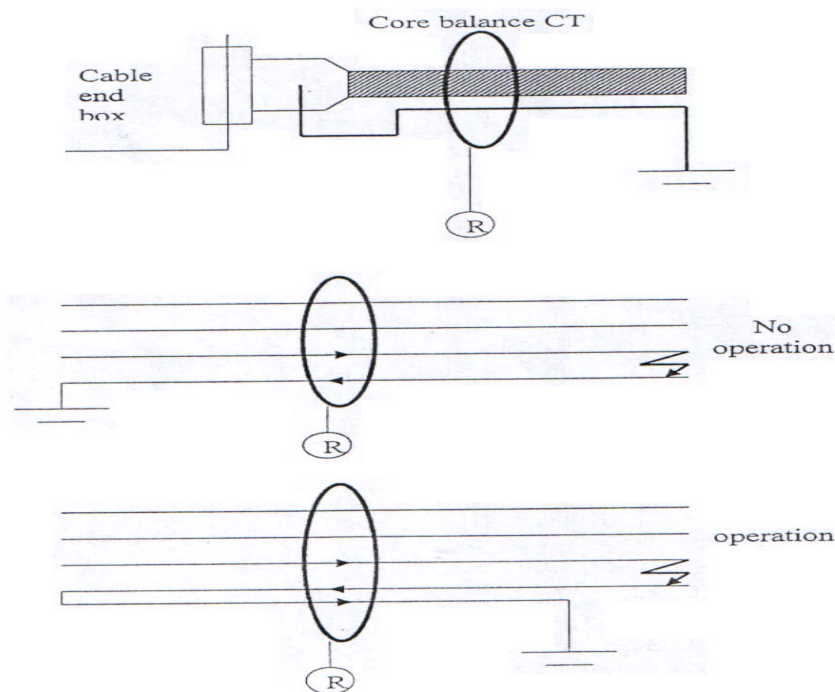
شكل رقم (24)

8) الوقاية ضد التوصيل الأرضي Earth fault protection

تتم الوقاية ضد التوصيل بالأرضي طبقاً للنظام المستخدم لنظام تأريض الشبكة وتأريض الشبكة يكون إما إتصال مباشر مع الأرض solidly ground system أو إتصال عن طريق مقاومة impedance ground system أو ungrounded system وطبقاً لذلك يمكن استخدام أحد

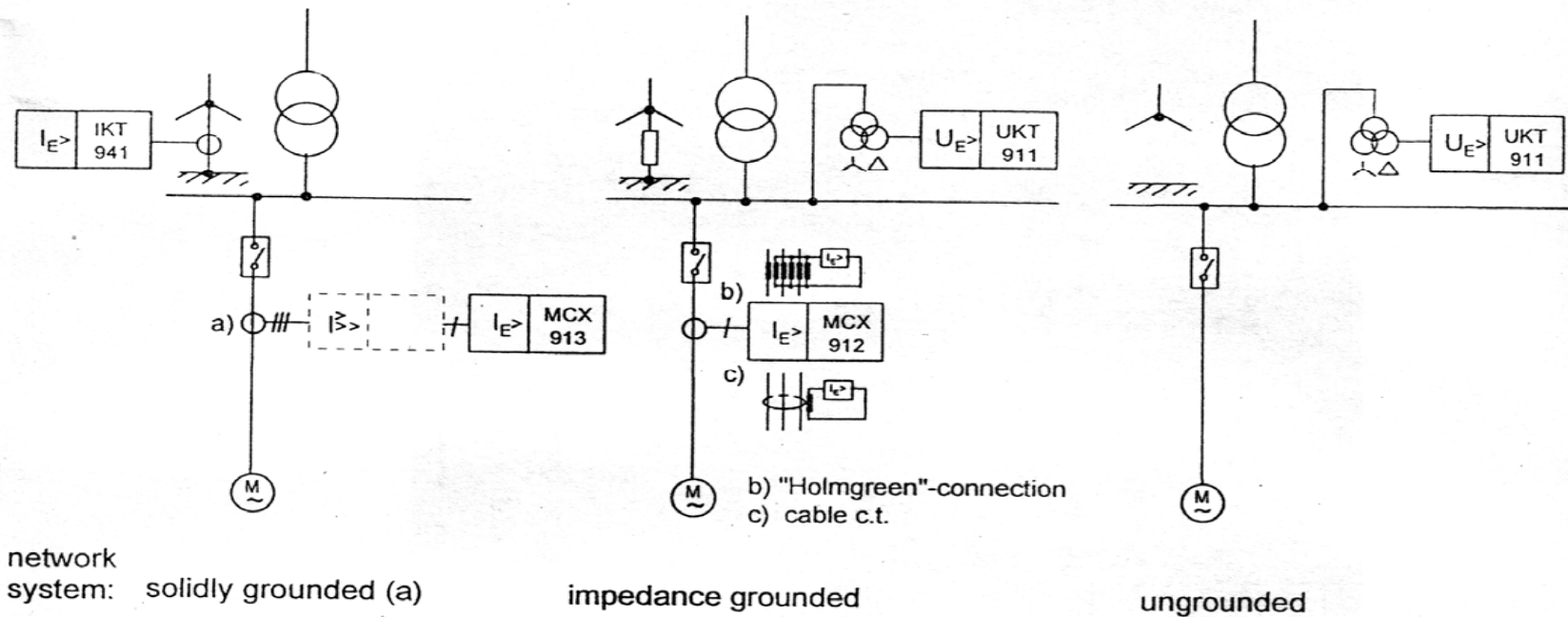
الطرق الآتية : E.F Detection

- (1) باستخدام نظام تجميع الثلاث فيزات بعد مرورها على جهاز $I >$, $I >>$ ثم بعد ذلك توصيلها إلى * ريلاي الأرضي $I_e >$
 - (2) استخدام ريلاي أرضي على نقطة التعادل الخاصة بالمحول المستخدم لتغذية البارة
 - (3) باستخدام محول على الكابل نفسه (ملف حلقي) يسمى في بعض الحالات Slip-over C.T ويتم إمرار الثلاث فيزات بدون سلك أرضي وإذا لم يكن من الممكن تحقيق ذلك يتم إعادة إمرار السلك الأرضي منفرداً مرة أخرى لتحقيق ذلك (انظر الشكل التالي رقم 25) والذي يوضح هذه الحالة
 - (4) استخدام طريقة Holmgreen وذلك باستخدام ثلاث محولات تيار وتجميعها إلى ريلاي التوصيل الأرضي
- أما في حالة عدم التوصيل بالأرضي ungrounded system فإنه يتم استخدام محول Star – open delta على بارة التغذية وتوصيل الدلتا المفتوحة لقياس الفولت بينها بإدخاله إلى ريلاي فولت خاص بالتوصيل الأرضي $U_E >$



شكل رقم (25)

والشكل التالي رقم (26) يوضح الثلاث حالات الممكنة والطرق المستخدمة في كل حالة



Ground fault protection for different network systems

شکل رقم (26)

W . S

9) الوقاية ضد زيادة عدد مرات البدء في زمن محدد

تكرار مرات البدء للمحرك تعرضه لإمرار تيار البدء الكبير مرات متكررة في ملفات الجزء الثابت وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها وبالتالي إتلافها . وتتم الحماية في هذه الحالة بواسطة حساسات درجة الحرارة المزروعة في الملفات فإذا ارتفعت درجة الحرارة عن قيمة 85 درجة كلفن عن الوسط فإن جهاز الوقاية بفصل المحرك ولا تكون هناك إمكانية للتوصيل مرة أخرى إلا عندما تصل درجة الحرارة إلى 30 درجة كلفن أعلى من درجة الوسط وهناك توصيات من مصنعي المحركات وهي كالآتي :

- (1) 3 مرات بدء متتالية في مدة زمنية مقدارها 4 دقائق وذلك من الحالة الباردة (أي درجة حرارة المحرك هي نفسها درجة حرارة الجو المحيط) ثم يتبعها فترة إيقاف (لكي يبرد المحرك) لمدة لا تقل عن 2/1 ساعة أو حسب توصيات المصنع
- (2) مرتان بدء متتالية من الحالة الساخنة (أي أن المحرك درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الجو المحيط (عند 30 درجة كلفن) ثم التوقف عن تكرار هذه العملية لمدة 2/1 ساعة أيضا حتى يتم تكرار هذه العملية مرة أخرى

10) الوقاية ضد إنخفاض الجهد

عند إنخفاض الجهد فإن عزم المحرك ينهار حيث أن العزم يتناسب طرديا مع مربع الجهد المسلط أي أن $T \propto V^2$. فإذا إنخفض الجهد إلى النصف إنخفض العزم إلى الربع وفي إختبارات المحرك أو مواصفاته فإنه ينص على أن المحرك يستطيع الوفاء بإحتياجات الحمل من العزم حتى عند 0.8 من الفولت المقنن له .

والعلاقة الآتية توضح عزم التسريع (الفرق بين عزم المحرك وعزم الحمل) بالعلاقة الآتية :

$$T_A = \left[\left(\frac{E}{E_R} \right)^2 T_m \right] - T_L$$

حيث أن :

E_R = rated voltage motor

E = Volt available at motor bus

T_L = load torque

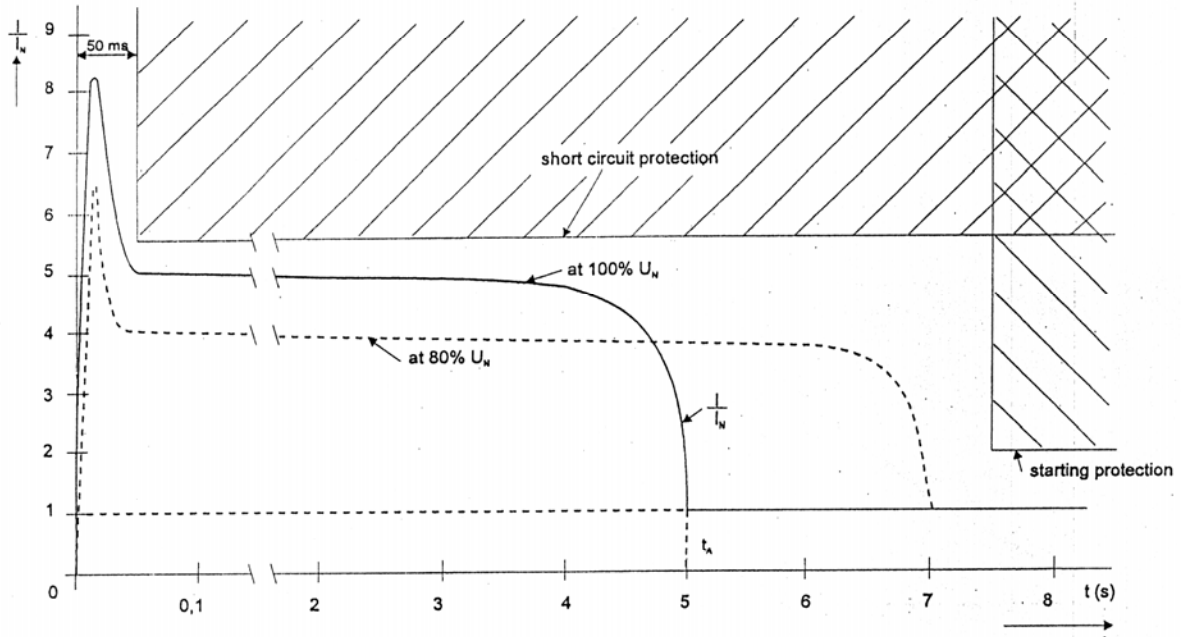
T_m = rated torque of motor

T_A = accelerating torque

وعند إنخفاض الجهد فإن العزم يقل بدرجة كبيرة ولكن العزم المطلوب للحمل مازال عاليا لذلك يستمر المحرك في سحب أمبير البداية I_{st} لمدة أطول . ويكون هذا خطرا على المحرك لذلك نضع قيمة لإنخفاض الجهد لا نتجاوزها حتى لا يمثل ذلك عبئا على المحرك وهذه القيمة تتراوح ما بين 50% - 70% من الجهد المقتن .

ويوضع في العادة جهاز U.V. على البارة وفي الأجهزة الحديثة يوجد مدمجا في الريلاي ويأخذ الجهد من على البارة التي تغذي المحرك .

وفي العادة يكون المحرك قادرا على إدارة الحمل [أي أن العزم المستمد منه في البداية (T_{st})] يكون أكبر من عزم الحمل (T_L) عند إنخفاض الجهد إلى 80% من الجهد المقتن وفي هذه الحالة تكون فترة البدء أطول من فترة البدء مع وجود الجهد كاملا والشكل رقم (27) يبين ذلك



Stator current of a starting squirrel-cage motor

شكل رقم (27)

شكل رقم (27) يوضح حالتي تشغيل المحرك عند :

(1) 100% من جهد المصدر

(2) 80% من جهد المصدر

ومنه يتضح أن زمن البدء (t_a) يزداد ولكن هذا تحت شرط أن يكون عزم البدء للمحرك أكبر من عزم الحمل حتى يستطيع المحرك أن يصل بالحمل إلى السرعة المطلوبة في زمن مناسب

11) الوقاية من الدوران العكسي :

بعض الأحمال تكون حساسة للدوران العكسي وخصوصا الأحمال التي تتصل بصندوق تروس Gearbox . ويتم الوقاية من ذلك بوجود جهاز phase sequence يتم ضبطه على ترتيب معين وهذا الجزء مدمج في الريلايات الحديثة يمنع وصول التغذية إلى المحرك في حالة ما إذا حدث وقلب المصدر الخاص بالتغذية .

ونود أن ننوه هنا إلى أنه إذا حدث عكس للفيئات من عند أطراف المحرك أو من خرج القاطع (أي بعد نقطة القياس) لتتابع الفيئات فإن ذلك لن يحدث الوقاية المطلوبة ولن يعمل الريلاي حيث أن نقطة القياس لم تتأثر بما حدث وهذه النقطة مهمة يجب ألا تغفل .

لذلك لا يتم عكس دوران المحركات إطلاقا إلا من عند روزة المحرك وإن كان البعض يستسهل قلب الإتجاه من عند القاطع .

وبعد الإنتهاء من إستعراض أنواع الوقاية المختلفة نورد فيما يلي رسومات توضح أنواع الوقاية المختلفة المركبة على المحركات وذلك طبقا لقدراتها وما يهمنها هنا هو نوع الوقاية وليس نوع الريلاي الذي يقوم بذلك أو تصنيعه ولكن يهمننا وظيفته ، وهناك ريليات حديثة يضم الريلاي الواحد كل أنواع الوقاية المختلفة والتي سبق إستعراضها .

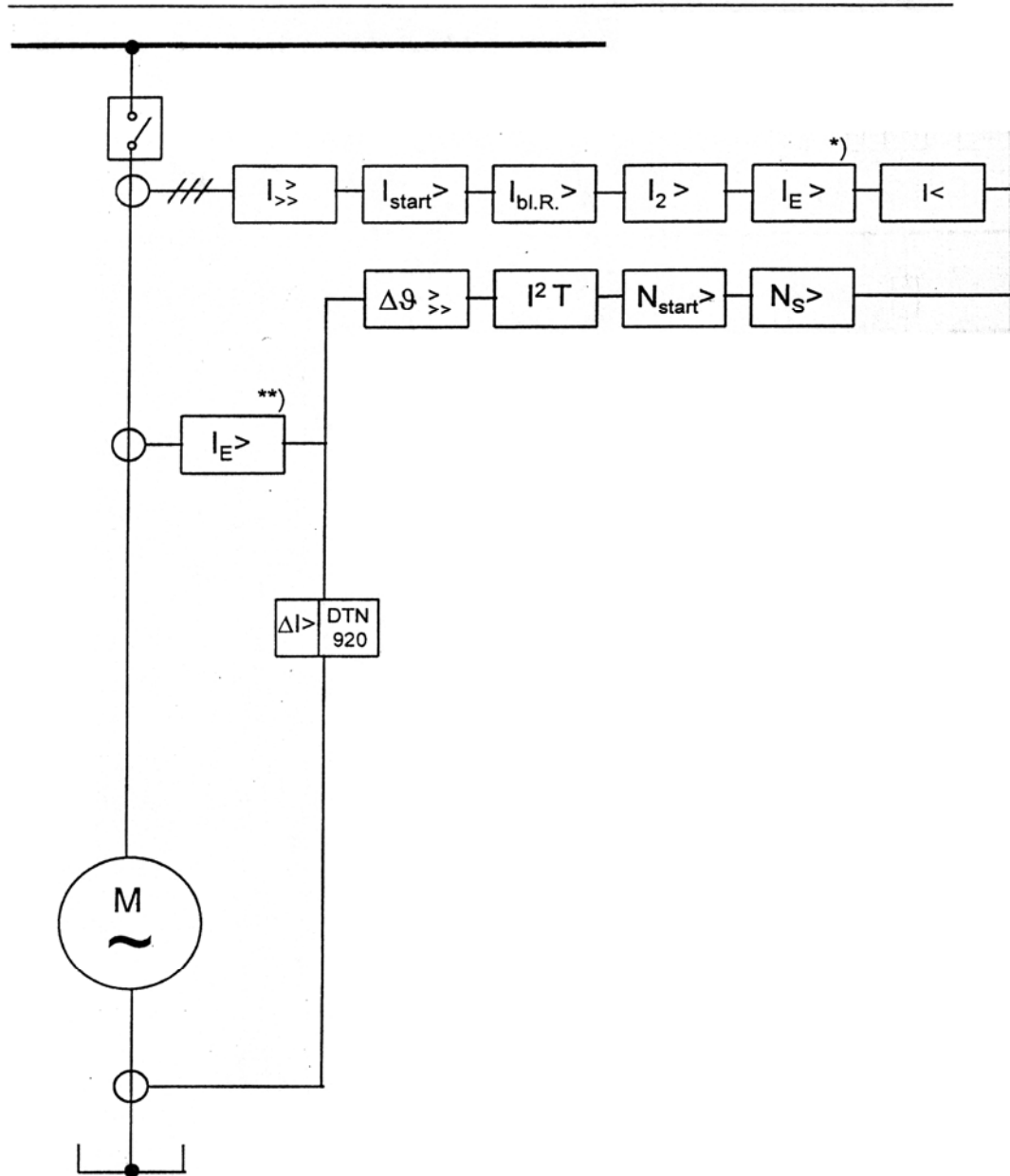
" الشكل رقم (28) " يبين أجهزة الوقاية التي تركيب على المحركات التي قدرتها من 5 – 20 ميغا

وات

Motor Protection

1MRB520048-Len

ABB



Protecion functions for induction motors 5...20 MW protected by the relays MCX913/912, IKT943 and DTN920

*) applied only at MCX913

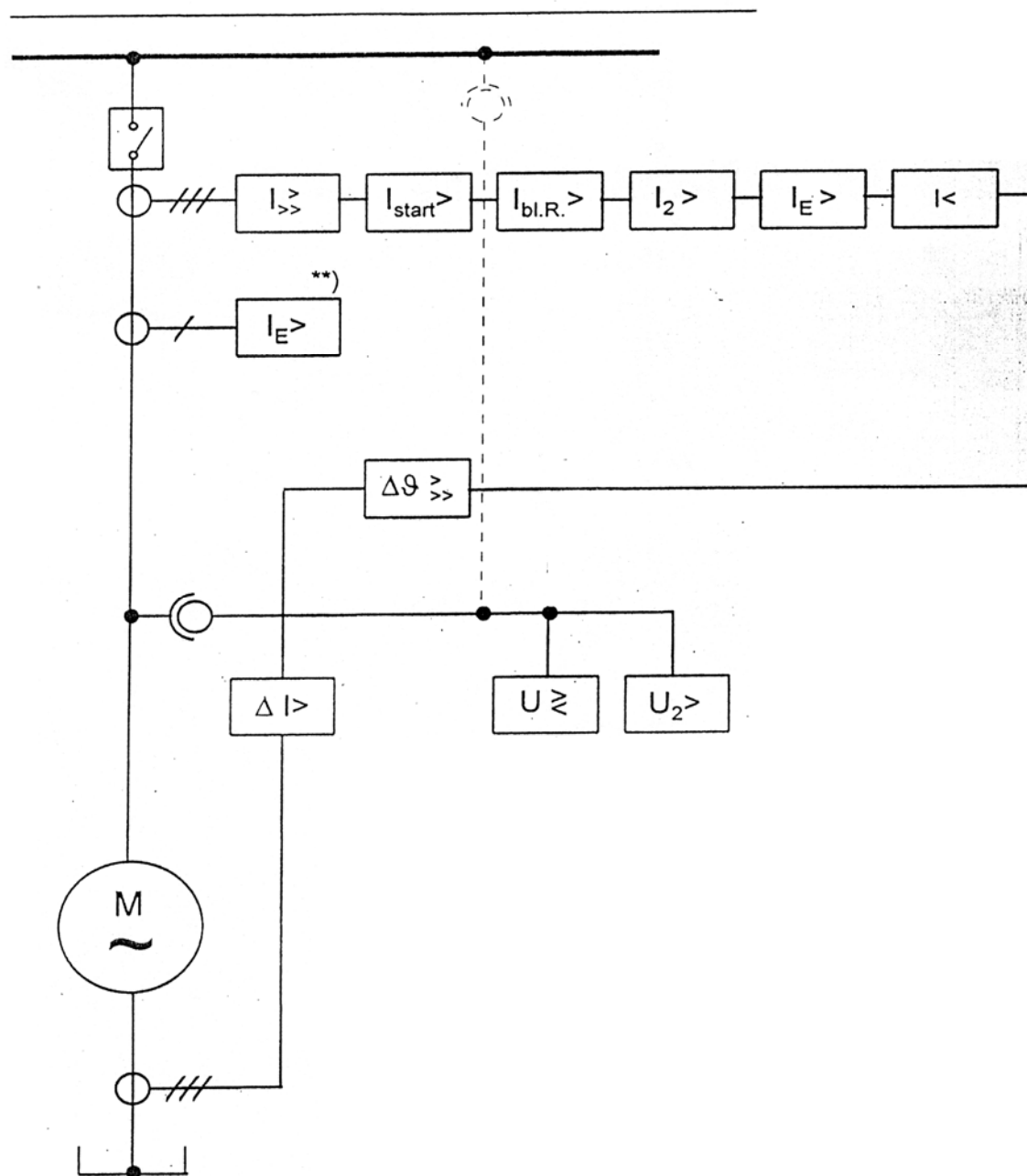
***) applied only at MCX912

الشكل رقم (28)

" الشكل رقم (29) " يبين الوقاية التي يوفرها جهاز REG 316 لمحرك بقدرة أعلى من 5 ميغا وات

ABB Network Partner AG

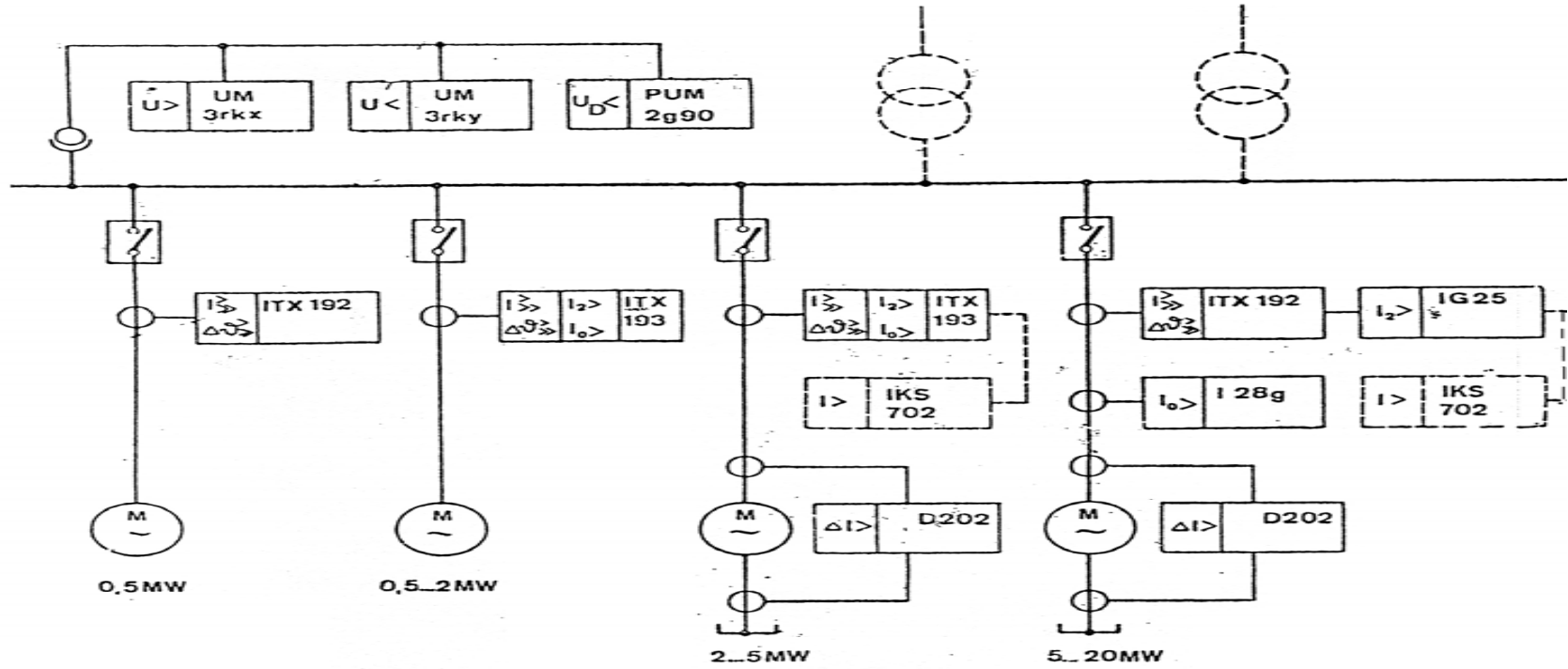
1MRB520048-Len



Protecion system REG316 applied for induction and synchronous motors with ratings above 5 MW

الشكل رقم (29)

" الشكل رقم 30 " يبين أجهزة الوقاية المركبة على المحركات ابتداءً من 2/1 ميغا وات فأقل
 ثم 2/1 ميغا وات حتى 2 ميغا وات
 ثم 2 ميغا وات حتى 5 ميغا وات
 ثم 5 ميغا وات حتى 20 ميغا وات



Examples of the kinds of protection applied for different motor ratings

W . S الشكل رقم 30

الجدول التالي يبين أنواع الوقاية التي يجب توافرها للقدرات المختلفة للمحركات

Motor Protection

1MRB520048-Len

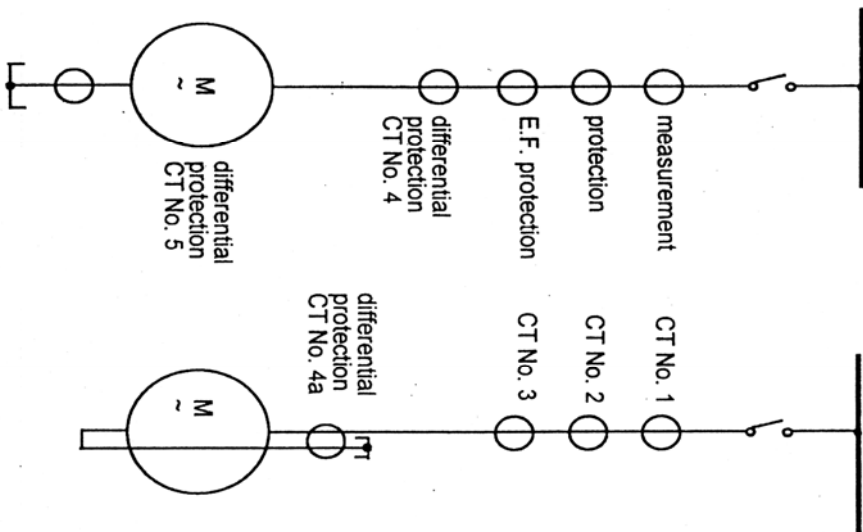
ABB Network Partner AG

rated power (MW)	short circuit protection		current unbalance $I_2 >$	ground fault $I_E >$	overload $\Delta I_2 >$	start		locked rotor $n <; I_2 > t_2$
	overcurrent $I_2 >$	differential $\Delta I_2 >$				onerous $I_2 ; t_A >$	repeated $I_2 ; t_2 >$	
< 0,5	●	—	—	—	(●)	●	—	—
0,5 ... 2	●	—	●	●	●	●	—	—
2 ... 5	●	●	●	●	●	●	●	●
5 ... 20	●	●	●	●	●	●	●	●

Recommended protection functions for induction motors

W.S

" الشكل رقم (31) " يبين محولات التيار المختلفة وخصائصها وقدراتها " burden " مقدرة بالفولت أمبير (V.A) التي تناسب الوقاية والقياس .



CT No.	rated output of cts	motor rated power [MW]		
		≤ 0,5	0,5 ... 2	2 ... 5
1	$S_n = 10 / 2,5 \text{ VA}$ at $I_{2n} = 5 / 1 \text{ A}$	1	1	0,5 or 1
2	$S_n = 10 / 2,5 \text{ VA}$ at $I_{2n} = 5 / 1 \text{ A}$	5 P 10	5 P 10	5 P 20
3	"Holmgreen" $S_n = 2,5 \dots 10 \text{ VA}$	—	5 P 10	5 P 20
3	cable ct $S_n = 1 \text{ or } 2,5 \text{ VA}$	—	max error at 10% $I_{2n} \pm 1\% \pm 90^\circ$ 100 / 1A 1% $I_{2n} \pm 5\% \pm 150^\circ$	
4,5	$S = 10 / 2,5 \text{ VA}$ at $I_{2n} = 5 / 1 \text{ A}$	—	—	5 P 20 n = 20 ... 40
4a	$S_n = 10 / 2,5 \text{ VA}$ at $I_{2n} = 5 / 1 \text{ A}$	—	—	5 P 10

*) the rated output is given by the actual output S, copper losses ΔP_{cu2} and by the overcurrent factor n

Table V Suitable C.T. ratings

والجدول التالي يعطي أمثلة لقيم الضبط لأجهزة الوقاية المختلفة

rated power (MW)	short circuit		$\Delta I >$	current unbalance $I_2 >$	earth fault $I_E >$	overload $\Delta I_3 \gg$	start		locked roter $n < ; I > ; t >$
	$I >$	$t >$					onerous $I > ; t_A >$	repeated $I > ; t >$	
< 0,5	MCX 912/913		—	$0,25 I_N$ 4 s	$0,2 I_N$ 0,15 s	1.ST.115% ΔI_3 2.ST.125% ΔI_3	$2,5 I_N$ 2 ... 60 s	—	—
	$6 I_N$ 0,1 s	$3 I_N$ 0,5 s							
0,5 ... 2	MCX 912/913		—	$0,25 I_N$ 4 s	$0,2 I_N$ 0,15 s	1.ST.115% ΔI_3 2.ST.125% ΔI_3	$2,5 I_N$ 2 ... 60 s	—	—
	$6 I_N$ 0,1 s	$3 I_N$ 0,5 s							
2 ... 5	MCX 912/913 IKT 943		DTN 920	$0,25 I_N$ 4 s	$0,2 I_N$ 0,15 s	1.ST.115% ΔI_3 2.ST.125% ΔI_3	$2,5 I_N$ 2 ... 60 s	$2,5 I_N$ 2 ... 60 s	$2,5 I_N$ 5 ... 25 s 0,2 ... 0,8 I_N
	$6 I_N$ 0,1 s	$3 I_N$ 0,5 s							
5 ... 20	MCX 912/913 IKT 943		DTN 920	$0,25 I_N$ 4 s	$0,2 I_N$ 0,15 s	1.ST.115% ΔI_3 2.ST.125% ΔI_3	$2,5 I_N$ 2 ... 60 s	$2,5 I_N$ 2 ... 60 s	$2,5 I_N$ 5 ... 25 s 0,2 ... 0,8 I_N
	$6 I_N$ 0,1 s	$3 I_N$ 0,5 s							

^{*)} at important squirrel-cage motors interlocked during starts.

Protection of induction motors
Example of applied relays and their setting

W.S

	overvoltage	undervoltage	phase rotation	*) unselective ground fault monitoring
	$U >$	$U <$	$U_2 >$	$U_E >$
switchboard relays of the 900 series	UKT 913		UKT 913	UKT 911
	1,15 U_N 5 s 60 s	0,8 U_N 2 s	0,3 U_N 0,5 s 60 s	0,2 U_N 0,5 s

Typical setting values for voltage and ground fault supervision
*) suitable for ungrounded networks

والجدول التالي يعطي قيم الضبط $U >$ و $U <$

MOTOR PROTECTION DEVICES

In operation. electric motors are exposed to hazards due to inadmissible (غير مقبول) stresses (إجهادات) of different kinds and origins. According to their causes they can be broken down into (تقسيمها) :

- 1) Overloading during starting and in operation**
- 2) Faults in the power supply,**
- 3) Switching errors**
- 4) Internal insulation defects**

As shown in (Fig 1).

These irregularities (الحالات الغير منتظمة) cause the current consumption to rise and the windings to become overheated.

It is the task of motor protection devices to guard motors against inadmissible temperature rise, to prevent damage and to limit the outage times of electric drives to a minimum. These devices can be classed in three groups allocated (مقسمة) to the particular size of motor:

- Simple protection for motors of low rating**
- Improved protection for low-voltage motors of all ratings**
- Improved protection with additional facilities for high-voltage motors.**

In practice it is no always possible to set rigid limits to the rating groups When selecting the protection, because a number of influencing (عوامل مؤثرة) factors have To be taken into account. Therefore the choice of protection is guided by the Material value of the motor and the effects with which the user has to Contend (يعاني) if operation of a motor is interrupted.

I- PROTECTION OF LOW-VOLTAGE THREE-PHASE MOTOR

The current that a motor draws from the supply depends on the load and is the cause of overheating. It has therefore been common practice for a long time to monitor the supply leads by an external protective device. For low-voltage three-phase motors this task is performed by motor starters and contactors equipped with thermal over-current relays.

To perform their protective task, these devices have to satisfy the following requirements:

- a- They must be able to carry the rated motor current continuously without Picking up*
- b- They must be adjustable, so that they can be set to the rated current of the Motor*
- c- They should approximately represent a thermal replica of the motor, they Must therefore have a current-time characteristic matching that of the Motor, known as the tripping characteristic*
- d- They have to monitor the current in all circuits. Hence, to protect three-Phase motor they must be triple-pole in design.*

These requirements can be met by thermal over-current relays equipped with bimetal elements. But the latter are not capable of interrupting short circuits.

W . S

A bimetal element consists of two layers of nickel-steel firmly (ملفوفة لفا متينا) rolled together. By adding different proportions (نسب) of alloying elements to these layers, it is possible to give them different coefficients of thermal expansion. If a bimetal element is heated up directly or indirectly, the one layer will try to expand more than the other. But since they are firmly joined to each other, these results in the element becoming curved. If the one end of the element is fixed, the other end performs a deflection. This deflection is proportional to the temperature rise, i.e. to the actual temperature. The free end exerts (تبدل) a force which is utilized in the protective device to actuate a contact.

The starters are used according to the purpose for which they are required. In their catalogues the manufacturers state the permissible motor ratings for the most frequent applications.

The simplest motor starters, such as are used on small machine tools, are manually operated lever or cam switches . they are used as on/off, reversing or pole-changing switches. Apart from motor starters for manual operation, remote-controlled contactors are also used for switching. As protection against short circuit, theses starters have fuses connected in series ; but for certain setting ranges, stated in the catalogues, no fuses are needed.

Fuses, regardless of whether they blow quickly or slowly, are alone not sufficient protection for a motor, but they are an excellent means of protecting the wiring of an installation against short circuits because the higher current, the faster they melt ("blow") and thus reliably interrupt heavy currents.

W . S

Therefore instead of fuses, circuit-breakers are used for heavy currents. They have to be dimensioned not only for the continuous current, but also according to the short – circuit current that may possibly occur in the installation

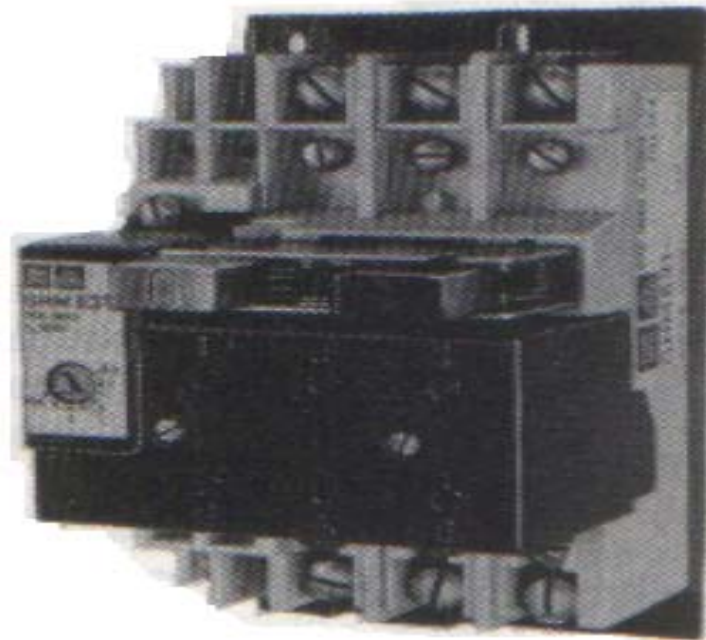


Fig : 2

Motor starter with phase-failure relay and temperature compensation

*A temperature-compensated motor starter (see **Fig: 2**) is suitable for starting industrial motors direct-on-line, i.e. for initiating rotation of the rotor, accelerating it to its rated speed and then protecting the motor and associated circuit against overloads which may occur in operation. The starter has a switching mechanism, a bimetal release for over-current tripping, a high-speed electromagnetic trip for short-circuit protection and a phase-failure relay The tripping unit is interchangeable .*

W . S

Low-voltage motor starters for up to 1000 V for starting direct-online, are covered by IEC publication 947-4-1 , first edition (1990). The contents of these IEC Publications were taken over in the European Standard EN 60749-4-1.

In the international standard the motor starters are divided into **Two utilization categories** as shown in Table (1) Each category is characterized by the values of current and voltage, expressed as multiples of the rated operating current and rated operating voltage and by values of the power factor (see Table 2),it also fulfils other conditions resulting from the definitions of the rated making and breaking capacity. The requirements for the utilization categories in Table (2) conform (تطابق أو توافق) for the most-part to those of the applications listed in Table (1).

The international standard also specifies values for the tripping (breaking) times at definite over-currents, which have to be adhered to (مقيد) by releases and relays at definite temperatures. Table (3) gives an overview of the characteristic data for breaking. at **A** times of the value of the set current the overload relay type 1 , characterized by the assigned motor current (تيار محرك معين), must not trip within 2 hours from the cold state. When the current is subsequently (بالتالي) raised to **B** times of the set value, the relay must trip within 2 hours.

At **C** times of the set current, the overload relay type 2, characterized by the maximum tripping current, must not trip within 2 hours from the cold state. When the current is subsequently raised to **D** times of the set value, the relay

Table (1)

<i>Utilization Category</i>	
<i>AC – 3</i>	<i>Cage induction motors – starting and switching off while running</i>
<i>AC – 4</i>	<i>Cage induction motors – starting , jogging¹⁾ and –for starters with reversal – plugging²⁾</i>
<p><i>1) Jogging (or inching) means energizing a motor briefly, once or repeatedly, to perform small movements of the driven Mechanism</i></p> <p><i>2) Plugging or reverse-current braking of a motor stopping a motor or reversing its direction rapidly by exchanging the connections of two leads while the motor is running</i></p>	

Utilization categories for motor starters according to IEC Publication 947-4-1

W . S

Table (2)

Utilization Category	Making			Breaking		
	$I^{1)}$	U	$\text{Cos } \varphi^{2)}$	I	U_r	$\text{Cos } \varphi^{2)}$
AC-3 $I_e < 100 A$	$10 I_e$	$1.1 U_e$	$0.35^{6)}$	$8 I_e$	$1.1 U_e$	$0.35^{6)}$
$I_e > 100 A$	$8 I_e^{3)}$	$1.1 U_e$	0.35	$6 I_e^{4)}$	$1.1 U_e$	0.35
Ac-4 $I_e < 100 A$	$12 I_e$	$1.1 U_e$	$0.35^{6)}$	$10 I_e$	$1.1 U_e$	$0.35^{6)}$
$I_e > 100 A$	$10 I_e^{5)}$	$1.1 U_e$	0.35	$8 I_e^{3)}$	$1.1 U_e$	0.35

¹⁾The making conditions are expressed as r.m.s. values, though, depending on the power factor of the circuit, the peak value of the asymmetrical current during the first half-cycle following making may be appreciably higher than the peak value of the steady-state current

²⁾Tolerance for $\text{cos } \varphi : \pm 0.05$

³⁾ With a minimum of 1000 A

⁴⁾ With a minimum of 800 A

⁵⁾ With a minimum of 1200 A

⁶⁾ But for values of I_e not exceeding 17 A ($I_e < 17A$) , $\text{cos } \varphi = 0.65$

Rated making and breaking capacities of motor starters. Conditions for making and breaking corresponding to the utilization categories (as in IEC Publication 947-4-1)

I = Current made or broken

I_e = Rated operating current

U = Voltage before make

U_e = Rated operating voltage

U_r = Recovery voltage between the input terminals of the starter.

must trip within 2 hours. The values of the factors A, B, C and D for both types of relay, with and without temperature compensation, can be found in Table (3) .

If a motor has to accelerate large rotating masses, it is possible for a starter complying with Table (2) to trip before the operating speed is reached. In this case a relay with a saturable current transformer has to be used, the characteristic of which exhibits (يظهر) correspondingly longer tripping times in the region of higher over currents.

When the motor is switched on at the least favourable instant (في لحظة معينة), it is possible for a making current-known as (the inrush current) – of 2.5 to 3 times the nominal starting current to flow for two to three half – cycles (see footnote below Table 2) Since high-speed short-circuit releases already trip in the first half-cycle, it is necessary to fit inrush-proof releases to motor starters.

Motor starters which have only one thermal over-current trip have to be augmented (تزود) by h.b.c.(high breaking capacity) low-voltage fuses (fast or slow) as protection against short circuits. For the assignment of fuses to standard motors, see Table (4)

Large motor starters are equipped with thermal over-current releases and high-speed electromagnetic trips. They can also be equipped with under-voltage trips or series trips.

Series trips are used for remote operation by switches or by relays or protective devices mounted outside the starter , as well as for interlocks in

Table (3)

Overload relay	Type 1		Type 2		Ambient temperature Reference value¹⁾ °C
	A	B	C	D	
Not temperature-compensated	$1.05 I_{set}$	$1.2 I_{set}$	$0.87 I_{set}$	$1 I_{set}$	-----
temperature-compensated	$1.05 I_{set}$	$1.2 I_{set}$	$0.87 I_s$	$1.05 I_{set}$	+ 20
	$1.05 I_{set}$	$1.3 I_{set}$	$0.87 I_{set}$	$1.11 I_{set}$	- 5
	$1 I_{set}$	$1.2 I_{set}$	$0.87 I_{set}$	$1 I_{set}$	+ 40

¹⁾ The reference value for the ambient temperature may be a value between $- 5^{\circ}\text{C}$ und $+ 40^{\circ}\text{C}$; preferred values are + 20 and $+ 40^{\circ}\text{C}$

Set Value > rated value of motor

Characteristic data for opening thermal and magnetic inverse-time overload relays, all poles of which are equally loaded according to IEC publication 497-4-1 .



Motor rating	Cage induction motors				Wound-rotor motors ²⁾	
	Direct-on-line start ¹⁾		Star-delta start ²⁾		Fuses Max. ³⁾ A	Leads mm ² Cu
	P (kW)	Fuses Max. ³⁾ A	Leads mm ² Cu	Fuses Max. ³⁾ A		
0.12	4	1.5	-	-	-	-
0.18	4	1.5	-	-	-	-
0.25	6	1.5	-	-	-	-
0.37	6	1.5	-	-	-	-
0.55	10	1.5	-	-	-	-
0.75	10	1.5	-	-	-	-
1.1	16	1.5	-	-	-	-
1.5	20	1.5	-	-	-	-
2.2	25	1.5	16	1.5	-	-
3	35	2.5	20	1.5	-	-
4	50	4	25	1.5	-	-
5.5	63	6	35	205	-	-
7.5	80	10	50	4	50	4
11	100	16	63	6	80	10
15	125	25	100	16	100	16
18.5	160	35	125	25	125	25
22	160	35	125	25	125	25
30	224	70	160	35	160	35
37	224	95	160	35	200	50
45	224	120	224	70	224	70
55	-	-	250	70	355	120
75	-	-	300	95	500	240
90	-	-	355	120	500	240
110	-	-	500	240	600	300
132	-	-	600	300	600	300

¹⁾ Starting time ≤ 5 s, starting current $\leq 6 \times I_N$, max. 3 starts / h
²⁾ Starting time ≤ 15 s, starting current $\leq 2 \times I_N$, max. 10 starts / h
³⁾ The maximum fuse rating is limited by the release and conductor cross-section used

Table (4)

Assignment of fuse and leads to standard three-phase motors for connection to 220 V mains.

All values are approximate, and especially when dimensioning conductor cross-section the length of the leads and the necessary load factors have to be taken into account. In addition to fuses (slow) , thermal releases have to be provided as overload protection .

Table (5)

Motor rating	Cage induction motors				Wound-rotor motors²⁾	
	Direct-on-line start¹⁾		Star-delta start²⁾		Fuses	Leads
	Fuses	Leads	Fuses	Leads		
P (kW)	Max.³⁾ A	mm² Cu	Max.³⁾ A	mm² Cu	Max.³⁾ A	mm² Cu
0.12	2	1.5	-	-	-	-
0.18	2	1.5	-	-	-	-
0.25	4	1.5	-	-	-	-
0.37	4	1.5	-	-	-	-
0.55	6	1.5	-	-	-	-
0.75	6	1.5	-	-	-	-
1.1	10	1.5	-	-	-	-
1.5	10	1.5	-	-	-	-
2.2	16	1.5	-	-	-	-
3	20	1.5	-	-	-	-
4	25	1.5	16	1.5	-	-
5.5	35	2.5	20	1.5	-	-
7.5	50	4	25	1.5	50	4
11	63	6	35	2.5	50	4
15	80	10	50	4	63	6
18.5	100	16	63	6	80	10
22	125	25	80	10	100	16
30	125	25	100	16	100	16
37	160	35	125	25	125	25
45	224	70	125	25	200	50
55	224	70	160	35	200	50
75	224	70	200	50	224	70
90	355	120	224	70	250	70
110	425	150	250	70	300	95
132	500	240	300	95	300	95

¹⁾ Starting time ≤ 5 s, starting current $\leq 6 \times I_N$, max. 3 starts / h
²⁾ Starting time ≤ 15 s, starting current $\leq 2 \times I_N$, max. 10 starts / h
³⁾ The maximum fuse rating is limited by the release and conductor cross-section used

Assignment of fuse and leads to standard three-phase motors for connection to 380 V mains.

All values are approximate, and especially when dimensioning conductor cross-section the length of the leads and the necessary load factors have to be taken into account. In addition to fuses (slow) , thermal releases have to be provided as overload protection .



Table (6)

Motor rating	Cage induction motors				Wound-rotor motors²⁾	
	Direct-on-line start¹⁾		Star-delta start²⁾		Fuses	Leads
	Fuses	Leads	Fuses	Leads		
P (kW)	Max.³⁾ A	mm² Cu	Max.³⁾ A	mm² Cu	Max.³⁾ A	mm² Cu
0.12	2	1.5	-	-	-	-
0.18	2	1.5	-	-	-	-
0.25	2	1.5	-	-	-	-
0.37	4	1.5	-	-	-	-
0.55	4	1.5	-	-	-	-
0.75	6	1.5	-	-	-	-
1.1	6	1.5	-	-	-	-
1.5	10	1.5	-	-	-	-
2.2	10	1.5	-	-	-	-
3	16	1.5	-	-	-	-
4	20	1.5	-	-	-	-
5.5	25	1.5	16	1.5	-	-
7.5	35	2.5	20	1.5	35	2.5
11	50	4	25	1.5	50	4
15	63	6	35	2.5	63	6
18.5	80	10	50	4	63	6
22	100	16	63	6	80	10
30	125	25	80	10	100	16
37	125	25	100	16	125	25
45	160	35	125	16	125	25
55	224	70	125	25	160	35
75	224	70	160	35	200	50
90	224	70	200	50	224	70
110	224	70	200	50	224	70
132	335	120	224	70	250	70

¹⁾ Starting time ≤ 5 s, starting current $\leq 6 \times I_N$, max. 3 starts / h
²⁾ Starting time ≤ 15 s, starting current $\leq 2 \times I_N$, max. 10 starts / h
³⁾ The maximum fuse rating is limited by the release and conductor cross-section used

Assignment of fuse and leads to standard three-phase motors for connection to 500 V mains.

All values are approximate, and especially when dimensioning conductor cross-section the length of the leads and the necessary load factors have to be taken into account. In addition to fuses (slow) , thermal releases have to be provided as overload protection .



the normally open circuit. Under voltage releases are used for interlocking in normally closed circuit and are suitable for automatic disconnection of the starter , so that following a supply failure, the drive dose not restart without supervision when the voltage is restored .

*A frequent cause of damage of **three-phase motors** is the interruption or failure of a phase of the supply , resulting in the motor single-phasing. This condition can also be caused by a fuse blowing, by an open-circuit in the supply lead or a fault in the switchgear , and so on. When operating in this manner the total losses of the motor rise considerably. If the thermal overcurrent relay is installed in the mains leads to the motor , it will afford adequate protection to a star-connected motor after the failure of the affected phase, because the relay carries the same overcurrent as the overloaded winding. However, if the motor is connected in delta, special measures have to be taken to protect the windings, such as using an overcurrent relay with phase-failure protection*

Motor starters for use in potentially explosive atmospheres are designed to the specifications of IEC publication 79. The switching space in the starter has a flameproof enclosure and is sealed by an ignition barrier. The terminal box has the same type of protection or, alternatively, the type of protection increased safety. The leads are brought in through a screw gland or cable end-box.

When selecting the starter for use with an explosion-protected motor with the type of protection increased safety, attention must be paid to the locked-rotor current shown on the rating plate of the motor. Reference should be

made to the tripping characteristic of the starter to make sure that, in the event of the rotor being blocked, the starter will trip within the time shown on the test certificate for the motor (time t_E).

THERMAL MOTOR PROTECTION

Protective devices which carry the motor current are not capable of reliably protecting the motor under all operational circumstances, because a true replica of the rise in temperature of the motor can not be obtained at reasonable cost in a device located outside the motor. A built-in thermal protection system can be an effective supplement to thermal overcurrent relays and motor starters with bimetal elements. Such systems consist of a temperature detector with abrupt (شديد الإنحدار) characteristic change, i.e. it changes its characteristic instantaneously at a preset temperature and is thus suitable for initiating a switching function

In a control system or a control unit which converts the action of the detector into a switching function. The requirements and possible applications for temperature detectors and their associated control units are specified in IEC publication 34-11 , First Edition (1978) , 34-11-2, First Edition (1984) and 34-11-3, First Edition (1984).

The thermal protection system protects motors with normal dimensions by direct monitoring of the winding temperatures while utilizing the output of the motor to the full during :

1- Heavy starting

2- Braking

W . S

- 3- Failure of a supply phase
- 4- Under voltage and over voltage
- 5- Very frequent switching
- 6- Obstructed cooling (إعاقة وسيلة التبريد)
- 7- High ambient temperature [46].

Provided the right temperature detector is chosen and it is correctly set, it will operate in sufficient time to ensure that the insulation of the stator winding of a stator-critical machine is not harmed.

A machine is said to be **stator-critical motor** when the temperature of the stator winding , even with locked rotor , rises faster to an inadmissible level than the temperature of the rotor winding.

For direct monitoring of the winding temperature, it is desirable to (من المرغوب فيه) use temperature detectors with as short a time constant as possible. It must be possible to embed them in the winding so that at normal rates of temperature rise there is no temperature lag between the winding and the detector. Owing to their bulk, detectors in the form of miniature bimetal strips or discs can only perform their task under certain conditions.

If the size of such detectors is reduced, it becomes increasingly difficult to ensure that the built-in control contact will operate reliably. For this reason it is now usual to employ temperature detectors with a positive temperature coefficient which, as can be seen in(**fig 3**) are little larger than a match (عود ثقاب) . These are embedded in the motor winding and form part of the energizing circuit of a relay housed in the control unit (**Fig 4**). They follow

the change in temperature of the winding with only a slight lag , when it rises rapidly .



Fig : 3

Temperature detector with positive temperature coefficient, with a match for comparison of size.

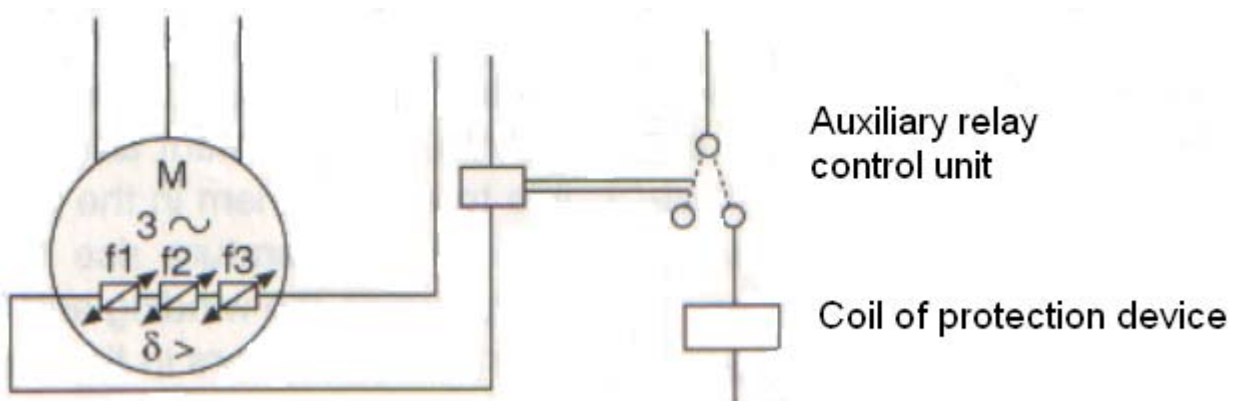


Fig: 4

Circuit diagram of built-in thermal motor protection

Above *the Curie point* (نقطة كوري - وهي النقطة التي يغير عندها المعدن خصائصه) , temperature detectors with negative temperature coefficient possess (لها) a very high temperature positive coefficient of the electric resistance (Fig 5) .

The behaviour of the detector when a predetermined winding temperature is exceeded corresponds to the function of a normally closed contact. As a result and owing to the large increase in resistance , by at least one order of magnitude for a rise in temperature of only a few Kelvin , small electromagnetically actuated contactors can be tripped direct under favourable circumstances (أحوال-ظروف مواتية) when the detector is connected in series with the actuating coil of the contactor. However, the usual practice is for the detector to actuate a smaller relay which then can actuate a contactor of any size and type.

Since in polyphase motors the detectors embedded in the individual phases of the winding are connected in series , only two control leads are required between the motor and the control unit or relay. The control unit monitors itself with regard to open circuit because any increase in the resistance of the control circuit results in a trip.

TEMPERATURE DETECTORS WITH POSITIVE TEMPERATURE COEFFICIENT

(Fig. 5) shows the typical characteristic of a temperature detector , internationally standardized in IEC Publication 34-11-2. It is referred to as Thermistor when it possesses the properties specified in the standard.

Temperature detectors with a positive temperature coefficient possess an abrupt (إنحدار شديد) change characteristic, the resistance-temperature characteristic of which covers a range in which a small increase in power results in a considerable rise in resistance, as soon as the temperature exceeds a predetermined value.

A tripping or control unit that exhibits the properties defined in the same international standard, is referred to as a type thermistor control unit. It is dimensioned so that the point of interruption is on the steep (شديد الإنحدار) part of the curve showing the rise in resistance. It enables the thermal protection system to operate reliably when only one or two of the series detectors pass through the range of the characteristic above the **Curie point** (نقطة كوري). This is of particular significance (أهمية) for the protective effect in the event of interturn leakage in one phase, or during single-phasing of the machine owing to the interruption of one phase or blowing of a fuse. The nominal operating temperature of a detector (known as T_{ref}), i.e. the position of the ferroelectric **Curie point** at which the resistance characteristic begins to rise steeply (بشدة – بحدة), can be selected within a wide temperature range, so that detectors to protect the windings can be manufactured in any thermal class.

W . S

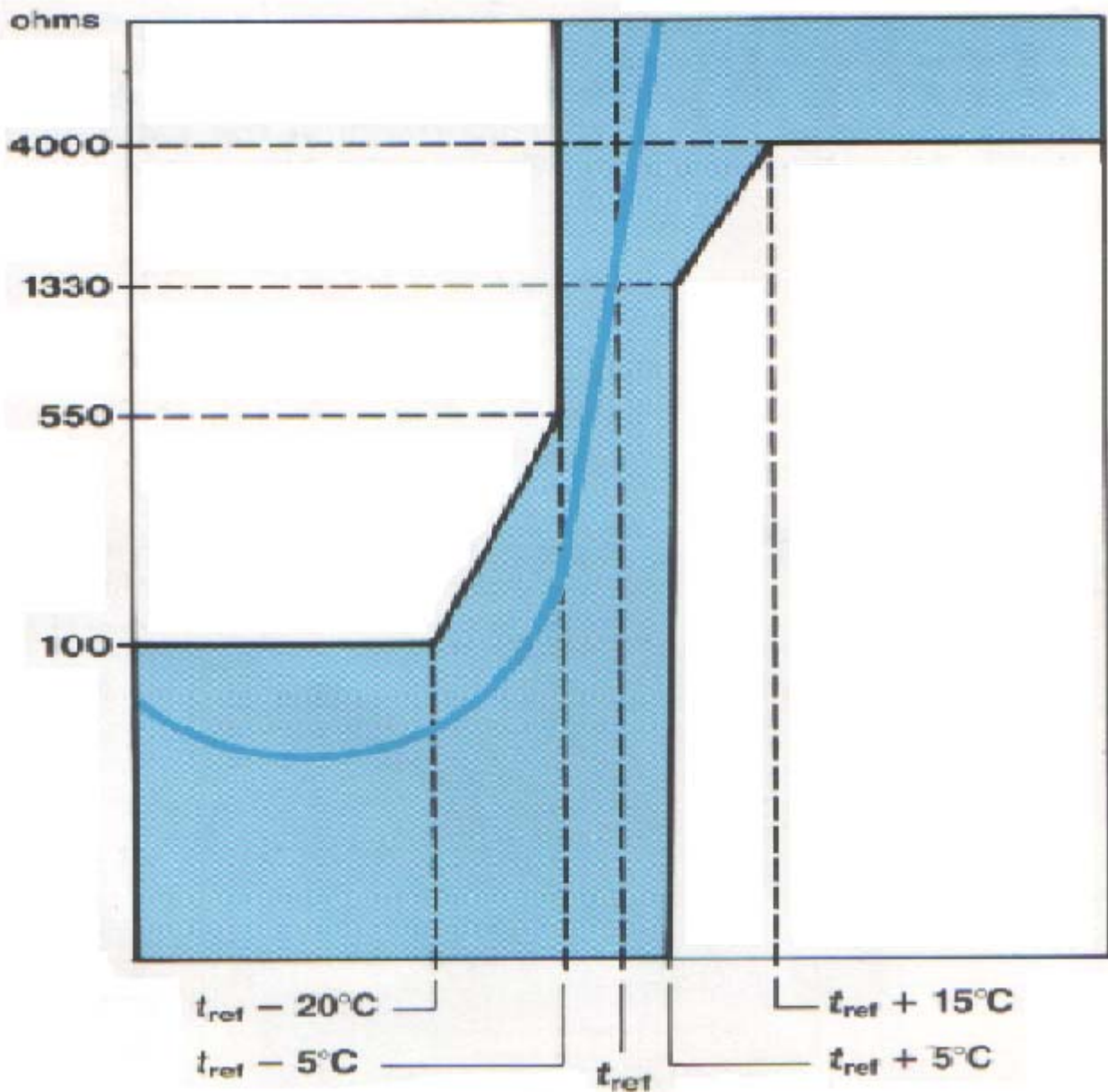


Fig : 5

Typical characteristic of a thermistor (logarithmic scale)

Typical value

Shaded area = tolerance limits

T_{ref} = nominal operating temperature

W . S

SELECTION AND INSTALLATION OF DETECTORS

Measurement of the temperature rise of an electrical machine by the resistance method yields (تخضع للقيمة المتوسطة) an average value for the whole winding. However, inside the machine the heat transfer is not uniform. The temperature at the point of installation of the detectors differs from the average value. Also, for surface-cooled machines it is different from machines with open-circuit cooling. Therefore, to determine which detector is suitable, it is necessary, on completion (إتمام – إكمال) of the endurance (إختبارات) tests, to perform an overload test on the machine to be protected. Since the detectors are embedded in the overhangs of the winding in the course (طريقة) of manufacture, it is the responsibility of the manufacturer to determine the nominal operating temperature of the detector from measurements and knowledge of the power reserves of the type.

The detectors are embedded in the overhangs before the winding is impregnated. When several detectors are installed – usually one detector is provided per phase—they are connected in series. The ends of the leads of the measuring circuit are then connected to two auxiliary terminals in the terminal box.

As a check the total resistance of the measuring circuit can be determined by connecting a measuring bridge to the auxiliary terminals. But the applied voltage must not be more than 2.5 V. This means that a hand-driven generator may not be used. (لا يستخدم في الإختبار مولد يدار يدويا)

W . S

(Fig. 7) illustrates the connection of the control unit to the mains and temperature detector to the control unit. When it has interrupted, the readiness (الإستعداد) of the protection to switch on again is reestablished, depending on how the control unit is connected, either by automatic or manual reset with the aid of one or more reset buttons arranged anywhere. The unit can be reset as soon as the winding has reached the reset temperature. The time to reach this value is primarily determined by the thermal time constant of the winding. The reset temperature is 3 to 5K "Kilvendegree " below the operating temperature of the detector.

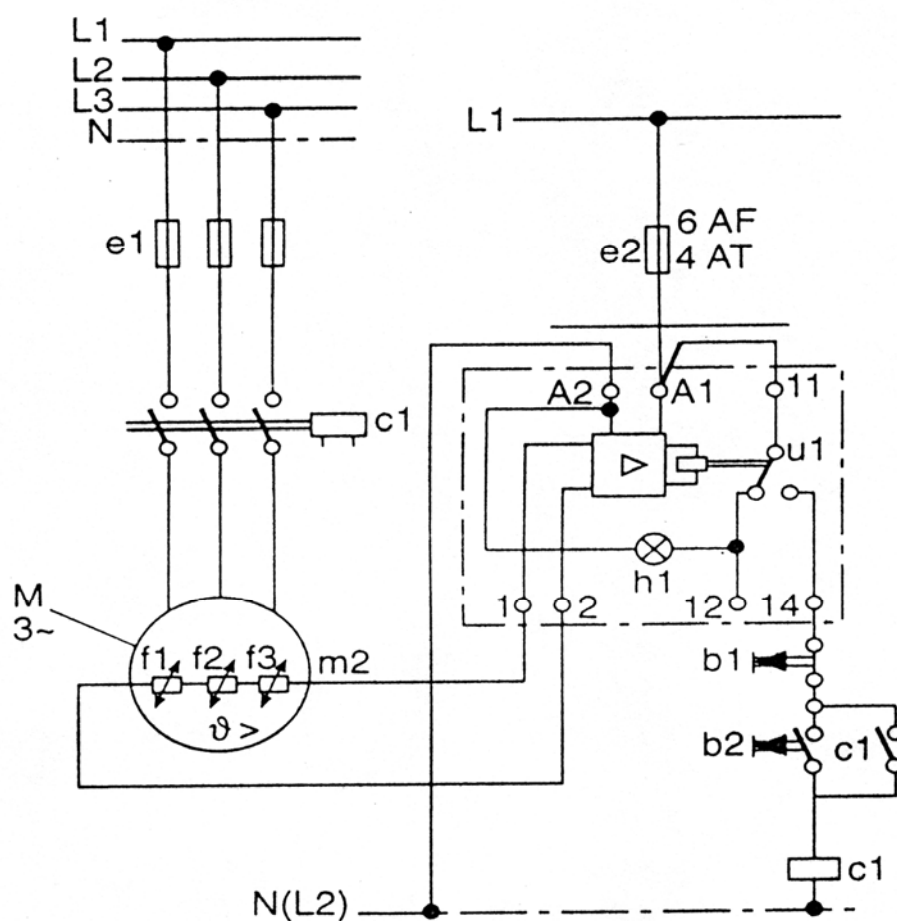


Fig : 7 A

W . S

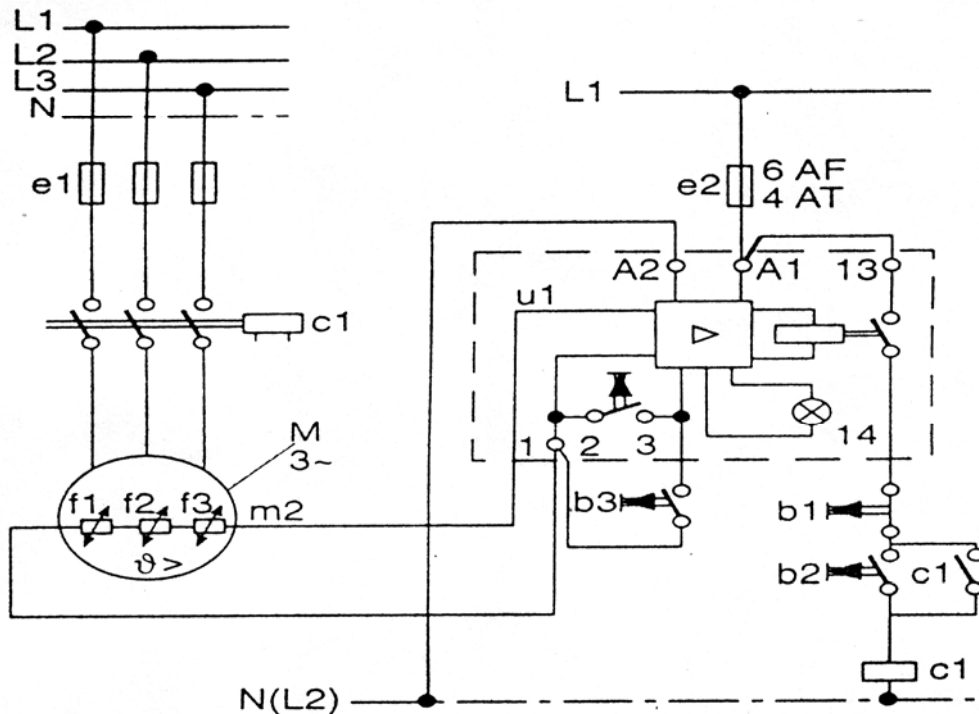


Fig: 7 B

(Fig. 7 A&B)

Circuit diagram of a motor drive equipped with a thermal protection system

A = Motor protection actuated by pushbutton (automatically resetting the control unit)

B = Motor protection actuated by pushbutton (manual resetting the control unit)

b1 = Pushbutton off

b2 = Pushbutton on

b3 = Reset button

c1 = Contactor

e1 = Main fuse

e2 = Control fuse

h1 = Indicator lamp Fault

m2 = Protected motor

f1,2,3 = Temperature detectors

u1 = Control unit

LIMITS OF BUILT-IN THERMAL PROTECTION

Owing to the favourable time constants (ثابت زمني ملائم) of temperature detectors with positive temperature coefficient, they are able to follow changes in the winding temperature very rapidly-provided they can be embedded in moulded resin (see Fig. 8). Only in the very rare cases when the winding temperature rises at an extremely high rate does the temperature lag of the detector become inadmissibly large.

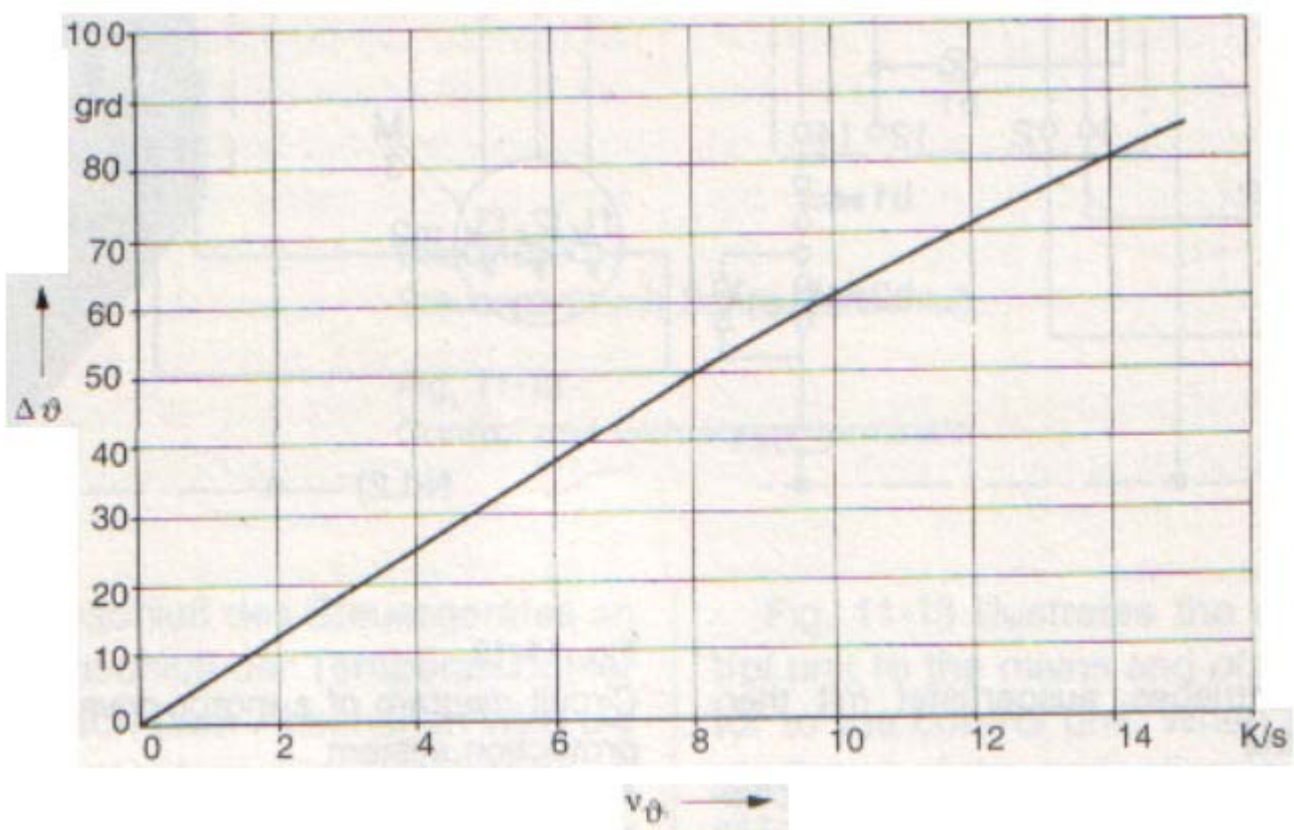


Fig. : 8

Temperature lag $\Delta\theta$ of a temperature detector with positive temperature coefficient compared with the surrounding winding in terms of the rate of rise of the winding temperature .

In many cases brief rises of the winding temperature to 190°C, sometimes

CONTROL UNIT

In addition to a transformer and various small components, the control unit contains a control relay energized by d.c., which trips the succeeding motor contactor when the temperature at which the detector operates is exceeded. The transformer is provided to galvanically separate the detector circuit from the mains and thus from the electrical potential of the motor winding too. It also reduces the mains voltages to the level at which the detector operates.

Energizing the control relay with d.c. facilitates (تسهيلات) disconnection without chatter even when the winding temperature rises slowly. The smoothing capacitor overcomes brief drops or complete failure of the mains voltage. (Fig : 6) shows a typical control unit.

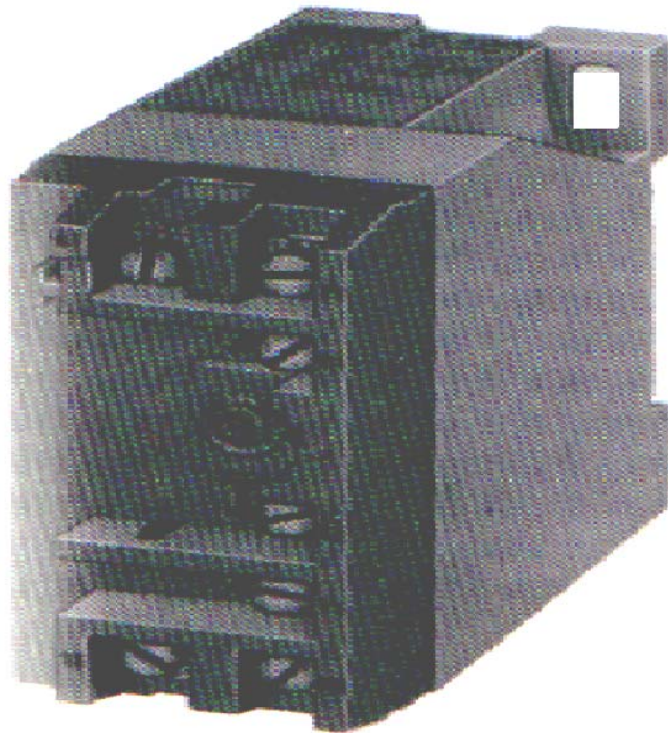


Fig: 6

Control unit with screw terminals .

W . S

even to 210°C, can be tolerated without any significant reduction in the service life of the winding. This means that three-phase motors with high short-circuit current densities and consequently high rates of rise of the temperature in the stator winding can still be protected by the built-in system, even in the least favourable case (locked rotor when the machine is cold). Limitations have to be imposed (مفروضات) , for instance with explosion-protected machines with the type of protection **increased safety**, where it is important to ensure that the highest admissible temperature is governed by the thermal class for which the motor is certified.

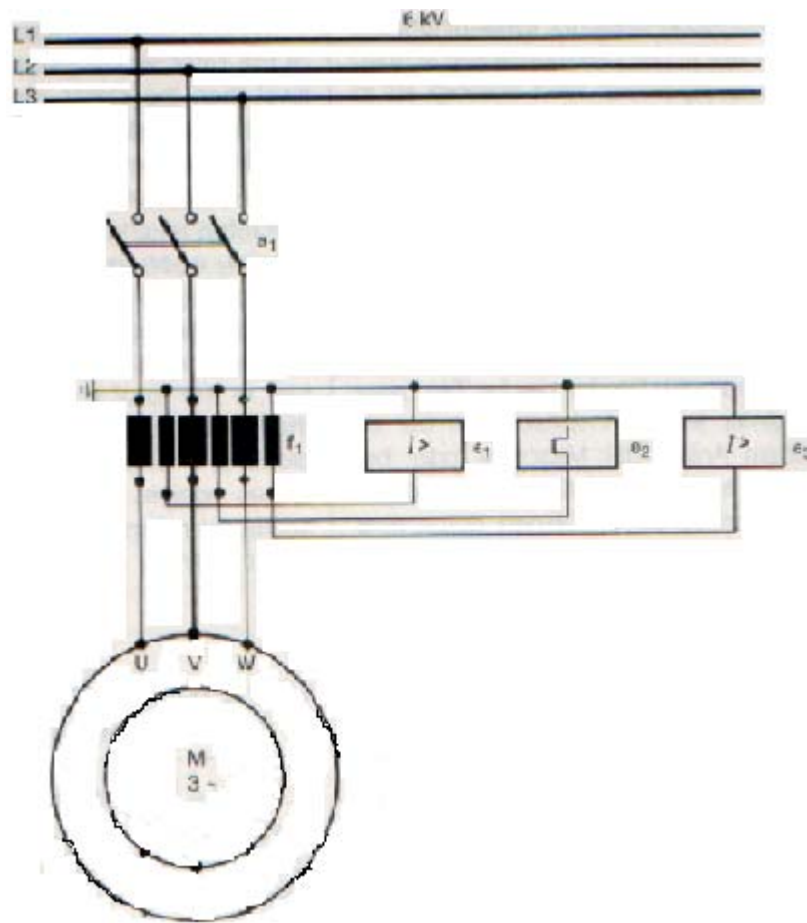
In **rotor-critical motors**, in which the temperature of the rotor winding rises faster to an inadmissible level than the stator winding, the temperature detectors embedded in the overhangs of the stator winding are not capable to protecting the machine under all circumstances (في جميع الأحوال) . It must also be borne in mind that an unduly hot (تسخين غير ملائم) rotor can still heat up inadmissibly when the stator winding has been disconnected, though the rotor, on account of its temperature-resistant design, is not necessarily hazarded. However, since the rapid rate of rise of the temperature in the rotor occurs primarily when starting of the motor is unduly prolonged (زمن إطالة) (غير ملائم) , or when the rotor is blocked, it is advisable (مستحسن) to protect rotor-critical machines against such eventualities (مثل هذه) by providing an additional means of monitoring the current (الأحداث المحتملة) with respect to time.

II - PROTECTION OF H.V. "HIGH-VOLTAGE" THREE-PHASE MOTORS

For the protection of high-voltage motors it is possible to use basically similar devices, fed via instrument transformers, to those used for low-voltage motors. For over-currents and overloads inverse-time relays can also be used for h.v. motors. (Fig. 9) shows the circuit diagram of a simple protection scheme for a high voltage motor.

With high-voltage motors larger, more expensive installations are generally involved, where it is worth (لها قيمة) while to spend more on the protection of the motors. Therefore protective devices for H.v. motors are only in rare cases electromechanical; preference being given to static devices, often controlled by microprocessor [47]. Such relays provide a large variety of functions, with which not only electrical faults, such as short circuits and earth faults can be detected, but also inadmissible operating conditions, like thermal overload or too frequent switching. The detection of the fault or the recognition (تمييز) of critical operating conditions is performed by evaluation the phase current in the protected motor. The detecting conditions is performed by evaluating the phase currents in the protected motor.

W . S



(Fig. 9)

Circuit diagram of a simple protection system for a high-voltage motor

- a1 = Main circuit-breaker**
- e1 = Over-current-time relay (short-circuit protection)**
- e2 = Thermal relay (overload protection)**
- e3 = Over-current-time relay (short-circuit protection)**
- f1 = Current transformer**
- m1 = Motor**

W . S

The static, microprocessor-controlled motor protection relay illustrated in (Fig. 10) can be substituted for several single, conventional (تقليدي) relays and can protect h.v. motors against the following faults :

- 1- Inter-phase short circuit and over-currents by determination of the current with the highest value.*
- 2- Earth faults by internal determination of the sum of the current or with an I_0 current transformer " ring type".*
- 3- Unbalanced phase currents by evaluating the negative-sequence component .*
- 4- Low load by monitoring the minimum current*
- 5- Overload by means of a thermal replica of the protected object with complete memory function*
- 6- Inadmissible stresses during run-up, e.g. unduly long run-up time (إطالة زمن البدء بطريقة غير مقبولة) , locked rotor or too many starts.*
It counts the hours run and also monitors itself, e.g. against component failure

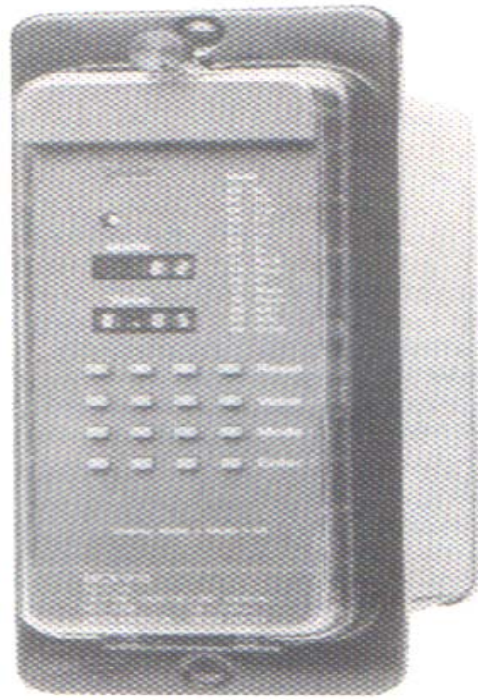


Fig : 10

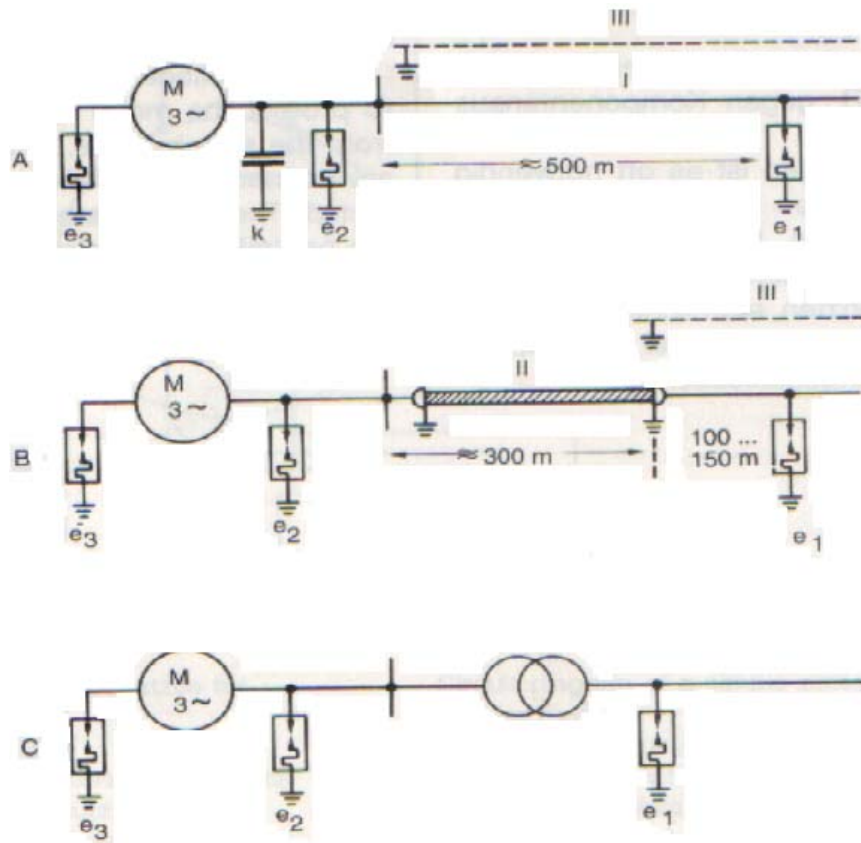
Microprocessor-controlled static relay for protection of motors against over-current and overload

In high-voltage installations it is often necessary to protect the motor windings against over-voltage from the supply leads. In this case surge arresters are connected in parallel with the input terminals and the neutral of the stator winding on account of the limited space available.

Such arresters contain a non-linear, voltage-dependent resistor and a spark-gap. They spark over when the voltage rises only slightly above its nominal value, the voltage being limited the discharge resistance to a value consistent (منسجم) with the insulation level of the protected object.

(Fig. 11) shows the arrangement of such surge arresters. In order to reduce the rate of rise of the over-voltage wave entering the machine, it is advisable to connect a protective capacitor before the arrester, unless the motor is fed by cable or transformer.

W . S



(Fig. 11)

Arrangement of surge arresters for motors connected to a supply line

A = Direct connection

B = Cable connection

C = Connection via transformer

I = Overhead line

II = Cable

III = Earth-wire

e1 = Normal arrester for the line

e2 = Arrester on the machine

e3 = Neutral arrester

K = Capacitor

INSULATION DEFECTS

Insulation defects may occur in different parts of a machine. Generally the following distinction (التمييز) is made:

1- Earth faults between the winding and the frame or earth

2- Double earth fault involving two different phases.

3- Interturn leakage within a winding phase

4- Winding fault between different winding phases.

To begin with a simple earth fault dose not harm the machine, which can continue running. But a warning is necessary in order that the defect may be rectified quickly, because every earth fault ultimately (أخيرا) leads to a short-circuit, which is a more serious fault. As a means of monitoring it is therefore expedient (من اللازم) to measure the insulation resistance continuously, or instead, the fault voltage or fault current.

The other three types of insulation defect are accompanied by a short circuit and thus by over-current with harmful effects on the windings.

Suitable methods of protection against short circuit between phases is the installation of a differential relay. With the aid of current transformers the phase currents before and after the motor winding are compared. This means that the neutral of the stator winding has to be brought out and a double set of current transformer is required.

WINDING TEMPERATURE RISE

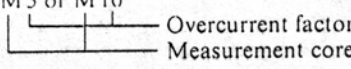
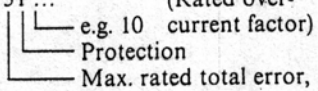
Over-current protection only determines the temperature rise of a winding directly. Therefore for low-voltage motors, in special cases, the temperature of the winding is monitored with the aid of the thermal motor protection system. Having regard to the higher voltage potential of high-voltage motors, the temperature detectors needed cannot be incorporated in such motors. In order to determine the highest temperature rise at the coils of the stator winding of three-phase motors, it is necessary to install resistance thermometers or thermocouples roughly at the mid-point of the iron length

In the stator slots. Such temperature-measuring devices are only used for motors of very high rating. For machine rated about 5000 kw and upwards, as well as for machine with an active iron length of 1 mt or more, a temperature rise test with built-in temperature detectors has to be performed. Therefore such motors always contain two elements in each phase.

W . S

Current transformers : Selection criteria

Table Selection criteria for current transformers in terms of DIN VDE 0414

1. Application	Wound-primary c.t.'s from 1 to 100 A or window-type c.t.'s from 50 to 10 000 A	
2. Highest continuously permissible operating voltage	This is the r.m.s. value of the highest voltage between the conductors (e.g. busbars) of a network. The insulation of the c.t. must be rated for this voltage under normal operating conditions. Apart from the explosion-proof and mining-purpose c.t.'s, the transformers offered are all suited for an operational voltage of 800 V. Current transformers with 1200 V rated voltage are offered as special design only.	
3. Accuracy class	Class 0.5: For billing purposes, accurate measurement C.t.'s of this class may be certified and granted approvals.	Current error $\pm 0.5\%$ at $1 \cdot I_n$ and $1.2 \cdot I_n$
	Class 1: Operational measurement, internal metering	Current error $\pm 1\%$ at $1 \cdot I_n$ and $1.2 \cdot I_n$
	Class 3: Rough measurement	Current error $\pm 3\%$ at $1 \cdot I_n$ and $1.2 \cdot I_n$
	Class 5: Although this class is included in the standard, it is not commonly used in practice. Rough measurement!	Current error $\pm 5\%$ at $1 \cdot I_n$ and $1.2 \cdot I_n$
	Class 5P... and Class 10P... (please refer to Section 7.6.2.7 "Current transformers for protection purposes", page 389).	
4. Rated primary current	<p>Unless otherwise specified, current transformers and measuring instruments can be continuously loaded with 1.2 times the rated primary current (I_n).</p> <p>Rated primary currents in A: 5, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75 and the decadal multiples thereof.</p> <p>In view of the window size, the rated primary current of the current transformer should correspond to the rated current of the associated switching device(s). Taking into account that c.t.'s may be continuously overloaded by a factor 1.2, the rated currents of switching devices correspond to the standard rated primary currents of current transformers. The measuring range scales of instruments with c.t. connections also correspond to these standard rated primary currents.</p>	
5. Secondary current	1 A (standard version)	5 A (special version)
	The standard current transformer may also be used with long connecting cables or wires.	
6. Rated power	The rated power of a current transformer is expressed in VA. The actual load, or burden, should be nearly equal to the rated power, but never greater if the operating current is 1.2 times the rated primary current of the c.t. At a frequency of 60 Hz, the rated power increases by the factor 1.2. At $16^{2/3}$ Hz, the power decreases to $1/3$ of the 50 Hz rated value.	
7. Rated over-current factor	The overcurrent factor indicates that value of primary current, in multiples of the rated value, which will cause the core of a measurement c.t. to become saturated, or alternatively the minimum value at which the core of a c.t. for protection purposes may not saturate. It is, however, dependent on the connected burden.	
	<p>Measurement cores: The rated overcurrent factor is indicated by the letter M and a number, e.g. M 5 or M 10</p>  <p>i.e. at 5 or 10 times the rated current I_n respectively, the total error must be at least -15% (protection for connected measuring instruments).</p>	<p>Protection cores: The rated overcurrent factor is indicated by means of a supplement to the class designation, Class 5P... (Rated over-current factor)</p>  <p>i.e. at $10 \cdot I_n$ the total error may not be more than -5%</p>
8. Rated thermal short-time current I_{th}	The thermal short-time current rating I_{th} is that maximum r.m.s. value of primary current which can flow for one second duration, while the secondary winding of the c.t. is short-circuited, without causing thermal damage to the current transformer (The values are given in corresponding tables). In the case of 4NA and 4NC current transformers, $I_{th} = 60 \cdot I_n$.	
9. Rated dynamic current I_{dyn}	The rated dynamic current I_{dyn} is the highest instantaneous value of the current after onset of the short-circuit, the dynamic force of which the current transformer can withstand without being damaged. It is quoted as a peak value. In the case of 4NA and 4NC current transformers, $i_{dyn} = 2.5 \cdot I_{th} = 150 \cdot I_n$.	

ANSI Standard Device

Function Numbers

Table gives a list of American National Standards Institute (ANSI) standard device function numbers.

TABLE FOR ANSI standard device function numbers

<i>Device Number</i>	<i>Function</i>
3	Checking or interlocking relay
4	Master contactor
21	Distance relay
24	Over fluxing (Volts/Hertz)
25	Synchronizing or synchronization check relay
26	Thermal device
27	Under voltage relay
32	Directional power relay (reverse power relay)
37	Under current or under power relay
40	Field failure relay
41	Field circuit breaker
43	Manual transfer or selector device
46	Reverse phase or phase balance current relay
47	Negative phase sequence voltage relay
49	Thermal relay
50	Instantaneous over current or rate of rise relay
51	Time delayed over current relay
52	Circuit breaker
52a	Circuit breaker auxiliary switch Normally Open
52b	Circuit breaker auxiliary switch Normally Closed
55	Power factor relay
56	Field application relay
59	Over voltage relay
59n	Neutral displacement
60	Voltage or current balance relay
62	Time delay relay
63	Pressure relay for flow or level of liquid or gases
64	Earth fault relay
66	Number of starts
67	Directional over current relay
68	Blocking relay
74	Alarm relay

W . S

<i>Device Number</i>	<i>Function</i>
75	DC over current relay
78	Phase angle measurement relay or Out of step protective relay
79	Re-closing relay
81	Frequency relay
83	Automatic selective control or transfer relay
85	Carrier or pilot wire receive relay
86	Lock out relay
87	Differential relay
94	Auxiliary tripping relay (inter-trip)

W . S

أهم الموز المستخدمة

Symbols

<i>Symbols</i>	<i>Definition</i>
IN	Nominal CT Secondary current
I >	Over current
I >>	Second Stage Over current or High set O/C/Inst
I >>>	Third Stage O/C or High Set
Io >	Earth Fault
tI or tIo	Time Out Applicable to all Stages
t >	Another Version of Time Out
ΘVΔΘ	Thermal Trip
Ib I.R	Locked Rotor
I <	Low Load
Ns	Speed
N	Number of Starts Hot or Cold
Id	Starting current
Ith	Relay Chosen current Setting
V >	Over voltage } U can also represent Voltage
V <	Under voltage } and Uo Phase to Earth Voltage
Θ %	Thermal State
Ko	Zero Sequence Setting
Td	Starting Time
xT	Time Setting
τ ↗	Heating Time Constant
τ ↘	Cooling Time Constant
Is	Current Setting
fN	Rated Frequency
KI	C.T. Ratio
IE	Base Current
Id >	Directional Over current Fault
F >	Over Frequency Timed
F >>	Second Stage Over Frequency Instantaneous
Ø	Phase Angle
F <	Under frequency
Rpp	Padding Resistor Setting
Kt	Time Setting Translay Milliseconds
Ks	Nominal Current Setting Multiplier

W . S