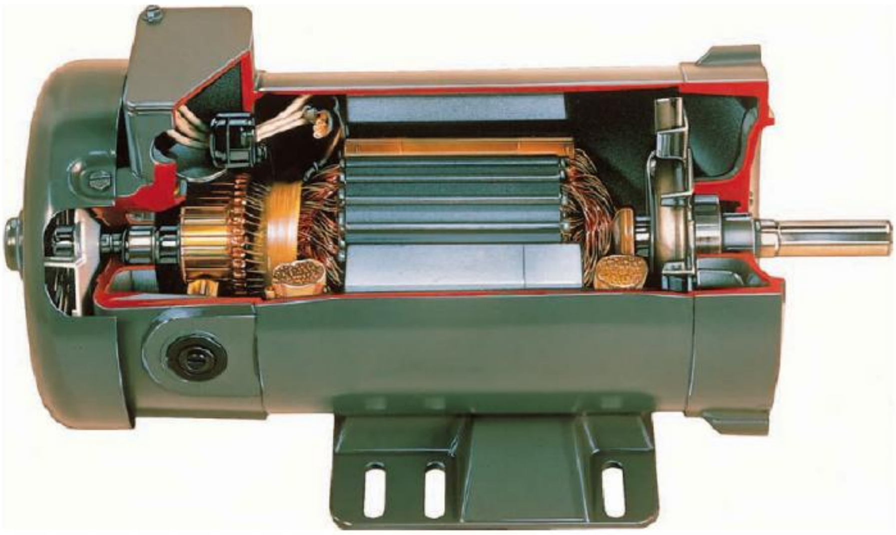
အခန်း ၃၂

DC မော်တာများ

DC မော်တာများအား အသုံးပြုပုံ

DC motor များအား လည်ပတ်နှုန်း အမျိုးမျိုးနှင့် လည်ပတ်လိုသော အခြေအနေမျိုးနှင့် strong torque တို့ လိုအပ်သောအခါတွင် အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းတို့အား cranes များနှင့် hoists များအတွက် အသုံးပြုကာ အစပိုင်း load လုပ် (ဝန်အားကို စတင်အသုံးပြု) ရာတွင် နှေးသော်လည်း acceleration ကို လျှင်မြန်စွာ ရရှိစေပါသည်။ DC motor များအား ပုံနှိပ်စက်များ၊ steel mill များ၊ pipe ပြုလုပ်သော စက်များ၊ နှင့် အခြားသော လည်ပတ်နှုန်းကို control လုပ်ရန်အတွက် လိုအပ်သော စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုကြပါသည်။



ပုံ ၃၂.၁ DC မော်တာ၊ field တည်ဆောက်ပုံနှင့် armature အစိတ်အပိုင်း

လည်ပတ်နှုန်းအား control လုပ်ခြင်း

DC motor တစ်လုံး၏ လည်ပတ်နှုန်းအား armature သို့မဟုတ် field အား variable voltage တစ်ခုအား apply လုပ်ခြင်းအားဖြင့် control လုပ်နိုင်ပါသည်။ armature နှင့် field နှစ်ခုစလုံးအား ဗို့အားအပြည့်ဖြင့် apply လုပ်မည်ဆိုပါက မော်တာသည် ယင်း၏ အခြေခံ သို့မဟုတ် ပုံမှန် လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်ပေမည်။ field အား ဗို့အားအပြည့် apply လုပ်ကာ armature ကို ဗို့အား လျော့ပြီး apply လုပ်ပါက မော်တာသည် မူလ လည်ပတ်သောနှုန်းအောက်နိမ့်သော လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် မောင်းနှင်လည်ပတ်ပေမည်။ armature အား ဗို့အား အပြည့် apply လုပ်ကာ filed အား ဗို့အား လျော့ပြီး apply လုပ်ခဲ့ပါက မော်တာသည် မူလ လည်ပတ်နှုန်းထက်မြင့်သော နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်ပေမည်။

မော်တာတည်ဆောက်ပုံ

DC motor တစ်လုံး၏ အဓိကလိုအပ်သော အစိတ်အပိုင်းများမှာ armarture၊ field winding များ၊ brush များ နှင့် frame တို့ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၃၂.၁)။

The Armature

Armature သည် မော်တာ၏ လည်ပတ်နေသော အစိတ်အပိုင်းဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအား iron cylinder ဖြင့်တည်ဆောက်ထားကာ slot များရရှိစေရန် ဖြတ်ထားပါသည်။ ဂါယာများအား ယင်း slot များအတွင်းမှ ပတ်ထားကာ winding အဖြစ်ရရှိစေပါသည်။ winding များ၏ end များအား commutator နှင့် ဆက်သွယ်ထားကာ ယင်းတွင် လျှပ်ကာထားသော copper bar များပါရှိပြီး winding များနှင့်ဂင်ရိုးတစ်ခုတည်းပေါ်တွင် တင်ဆောင်ထားပါသည်။ winding များနှင့် commutator များ တစ်စုတည်းအားဖြင့် armature ဟုဖွဲ့စည်းထားပါသည်။
Carbon brush များသည် commutator segment အား ဖိထားကာ dc ပါဂါလိုင်းမှ armature သို့ ပါဂါပေးပို့ပါသည်။ commutator သည် mechanical switch တစ်ခုကဲ့သို့ဖြစ်ကာ armature winding အတွင်းသို့ စီးဂင်မည့်လျှပ်စီးအား တူညီသော ဦးတည်ရာ တစ်ဖက်တည်းဖြစ်စေရန် အားပြုပါသည်။ ယင်းအချက်သည် armature အတွင်း လည်ပတ်နေစဉ် ဖြစ်ပေါ်သော သံလိုက်စက်ကွင်း၏ polarity အား တစ်သမတ်တည်းဖြစ်စေပါသည်။

Armature ၏ ခုခံမှုကို ယေဘုယျအားဖြင့် ၁ အုမ်းအောက် နိမ့်ပါးသောခုခံမှုမျှသာ ရှိစေပါသည်။ ထိုသို့ထားရှိရခြင်းမှာ မော်တာ၏ speed regulation သည် armature ခုခံမှုနှင့် အချိုးကျသောကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ armature ခုခံမှု နည်းပါးလေလေ speed regulation ပိုမိုကောင်းမွန်စေပေလိမ့်မည်။ terminal box မှ brush lead များအား မော်တာ၏ အပြင်ဖက်သို့ ဆန့်ထုတ်ကာ ယင်းတို့အား A1 နှင့် A2 ဟူ၍ အညွှန်းတပ်ထားပါသည်။

Field Windings

DC motor များတွင် အသုံးပြုသော field winding အမျိုးအစား နှစ်မျိုးရှိကာ ယင်းတို့မှာ series နှင့် shunt တို့ဖြစ်ပါသည်။ series field အား ကြီးမားသောဂါယာကြိုးဖြင့် အပတ်ရေ အနည်းငယ်ဖြင့် ပြုလုပ်ထားပါသည်။ ယင်းအား ခုခံမှု နိမ့်ပြီး armature နှင့် တန်းဆက် ဆက်သွယ်နိုင်စေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ series field winding တို့အား S1 နှင့် S2 ဟူသော terminal marking တို့ဖြင့် သတ်မှတ်ထားကြပါသည်။

Shunt field winding ကိုမူ သေးငယ်သော ဂါယာများဖြင့် အပတ်ရေပေါင်းများစွာဖြင့် ပြုလုပ်ထားပါသည်။ ယင်းသည် ခုခံမှုမြင့်မားကာ armature နှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားနိုင်စေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ shunt field သည် armature နှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားသည့်အတွက် line voltage သည် ယင်းအား ချိတ်ဆက်ထားသကဲ့သို့ဖြစ်နေပါသည်။ shunt field အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးအား ခုခံမှုအားဖြင့် ကန့်သတ်ထားပါသည်။ shunt field အတွက် terminal အမှတ်အသားများအဖြစ် F1 နှင့် F2 တို့အား သတ်မှတ်ထားပါသည်။

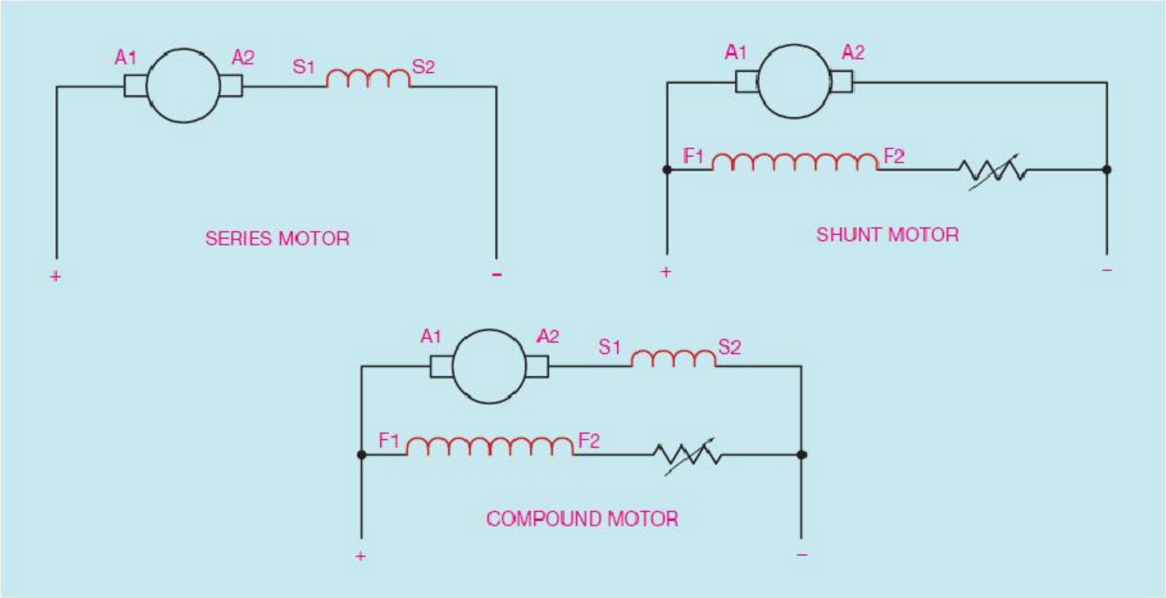
Winding များအား အမှတ်အသား ပြုခြင်း

DC motor တစ်လုံး၏ winding များအား ohmmeter အသုံးပြုကာ မှတ်သားခွဲခြားနိုင်ပါသည်။ shunt winding အား ယင်း၏ အခြားသော winding နှစ်ခုနှင့်စာလျှင် မြင့်မားသောခုခံမှုရှိသော အချက်ဖြင့် အမှတ်သားပြုနိုင်ပါသည်။ series field နှင့် armature တို့သည် ခုခံမှု အလွန်နိမ့်ပါးပါသည်။ ယင်းတို့အား မော်တာ၏ ဂင်ရိုးအား လှည့်ပတ်ခြင်းအားဖြင့် အမှတ်အသားပြုခွဲခြားနိုင်ပါသည်။ series field တွင် ohmmeter အား တပ်ဆင်ကာ မော်တာဂင်ရိုးအား လှည့်ပါက မည်သို့မျှ အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိမည်မဟုတ်ပေ။ ohmmeter အား armature တွင်တပ်ဆင်ကာ မော်တာဂင်ရိုးအားလှည့်ပါက brush

များမှ မတူညီသော commutator segment သို့ထိတွေ့မှုကြောင့် make ဖြစ်ခြင်းနှင့် break ဖြစ်ခြင်းတို့ဖြစ်ပေါ်ကာ ဖတ်ရှုရရှိသော တန်ဘိုးသည် မြင့်တက်လာပေမည်။

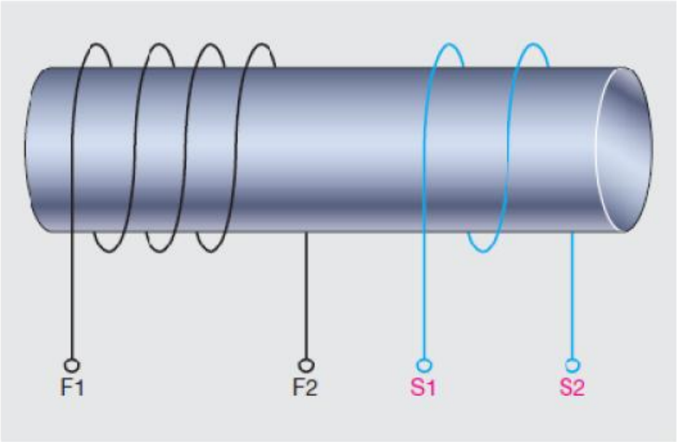
DC Motor အမျိုးအစားများ

အခြေခံအားဖြင့် DC Motor အမျိုးအစား သုံးမျိုးရှိရာ ယင်းတို့မှာ series၊ shunt နှင့် compound အမျိုးအစားများတို့ဖြစ်ကြပါသည်။ အသုံးပြုလိုသော load အပေါ်မူတည်ကာ အသုံးပြုလိုသော မော်တာ အမျိုးအစားကို ဆုံးဖြတ်နိုင်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် series motor တို့သည် အလွန်မြင့်မားသော starting torque ကို ထုတ်လုပ်ပေးနိုင် သော်လည်း ယင်း၏ speed regulation မှာ poor ဖြစ်ပါသည်။ series motor ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား ကန့်သတ်နိုင်ရန် အတွက် တစ်ခုတည်းသောနည်းလမ်းမှာ ယင်းနှင့် ဆက်စပ်အသုံးပြုသော ဝန်အားပင်ဖြစ်ပါသည်။ series motor အတွက် အလွန်အသုံးများသော အသုံးပြုနည်းမှာ automobile များအတွက် starter motor အဖြစ်အသုံးပြုခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ speed control လိုအပ်သော application များအတွက်မူ shunt နှင့် compound မော်တာများအား အသုံးပြုကြပါသည်။

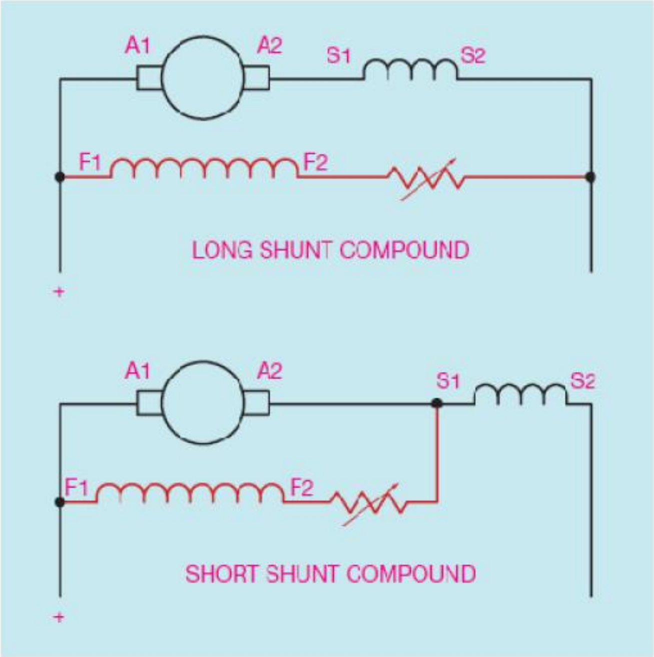


ပုံ ၃၂.၂ DC မော်တာ ဆက်သွယ်ပုံများ

ပုံ ၃၂.၂ တွင် series၊ shunt နှင့် compound အမျိုးအစား မော်တာများ၏ အခြေခံ connection အား ပြသထားပါသည်။ series motor တွင် series field တစ်ခုတည်းသာပါဝင်ကာ ယင်းသည် armature နှင့် တန်းဆက် ဖြစ်နေသည်ကို သတိပြုမိသင့်ပါသည်။ shunt motor တွင် armature နှင့် အပြိုင်ချိတ်ထားသော shunt field ပါရှိပါသည်။ rheostat တစ်ခုအား shunt field နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားသည်ကို ပြသထားကာ ယင်းကို normal speed control တစ်ခုအဖြစ် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။

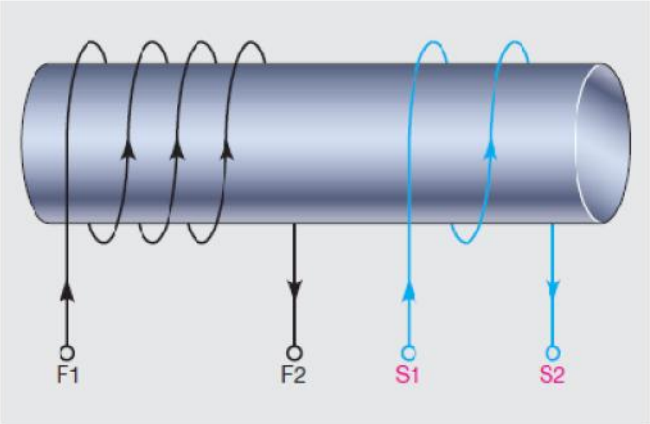


ပုံ ၃၂.၃ series နှင့် shunt field winding များအား ပတ်ထားပုံ

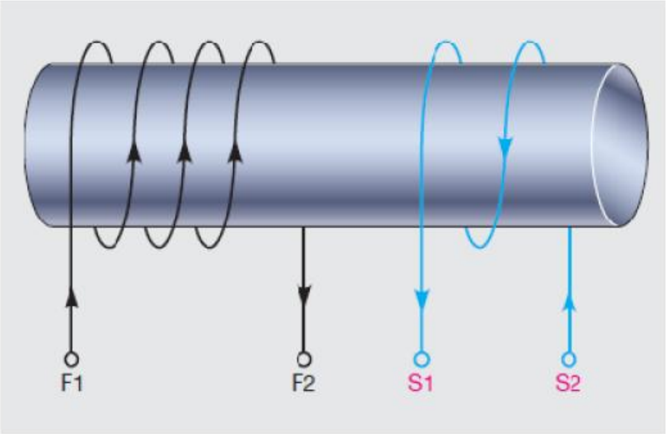


ပုံ ၃၂.၄ compound motor အား ဆက်သွယ်ထားပုံ

Compound motor တွင် series နှင့် shunt field winding နှစ်ခုစလုံးတို့ပါရှိပါသည်။ မော်တာအတွင်းရှိ pole piece တစ်ခုစီအပေါ်တွင် ယင်း winding နှစ်ခုစလုံးအား ပတ်ထားပါသည် (ပုံ ၃၂.၃)။ compound motor အား connect လုပ်သည့် မတူကွဲပြားသော နည်းလမ်းများ ရှိပါသည်။ မော်တာတစ်လုံးအား long shunt compound သို့မဟုတ် short shunt compound စသည်အားဖြင့် connect လုပ်နိုင်ပါသည် (ပုံ ၃၂.၄)။ long shunt connection အား ပြုလုပ်ရာတွင် shunt field အား armature နှင့် series field နှစ်ခုစလုံးတို့နှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ short shunt compound တွင် shunt field သည် armature နှင့် အပြိုင်ချိတ်ထားသော်လည်း series field နှင့်မှ တန်းဆက် ဆက်ထားပါသည်။



ပုံ ၃၂.၅ cumulative compound ဆက်သွယ်ပုံ

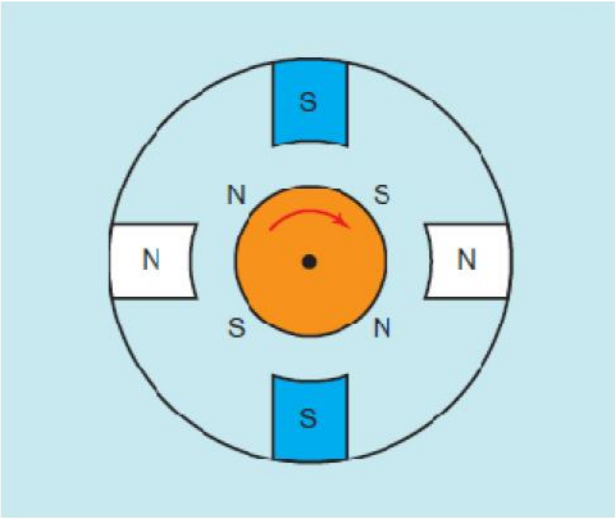


ပုံ ၃၂.၆ differential compound ဆက်သွယ်ပုံ

Compound motor အား cumulative သို့မဟုတ် differential အဖြစ်လည်း connect လုပ်နိုင်ပါသေးသည်။ မော်တာ၏ series field နှင့် shunt တို့အား commulative compound အဖြစ် ဆက်သွယ်ခြင်းကြောင့် winding အတွင်း လျှပ်စီး စီးဆင်းရာတွင် winding များသည် သံလိုက်အား ထုတ်လုပ်ရာတွင် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ကူညီမှုပြုကြပါသည် (ပုံ ၃၂.၅)။ မော်တာသည် differential compound အဖြစ် connect လုပ်ထားပါက shunt နှင့် series field တို့အား ဆက်သွယ်ကြရာတွင် ယင်းတို့အတွင်း စီးဆင်းသော လျှပ်စီးမှုသည် သံလိုက်အား ကို ထုတ်လုပ်ရာတွင် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ဆန့်ကျင်မှုပြုနေကြပေမည်။

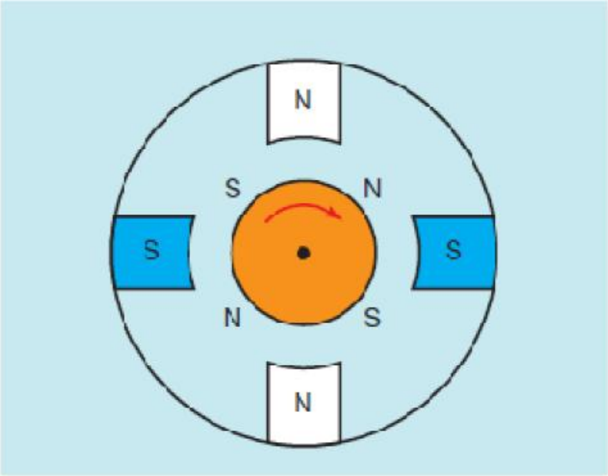
လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာဖက်

Armature ၏ လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာဖက်အား armature ၏ သံလိုက်စက်ကွင်း polarity နှင့် pole pieces တို့၏ သံလိုက်စက်ကွင်း၏ polarity တို့၏ ဆက်စပ်ချက်မှတစ်ဆင့် ဆုံးဖြတ်ချက်ချနိုင်ပါသည်။ ပုံ ၃၂.၇ တွင် သံလိုက်စက်ကွင်းတို့ ဆွဲငင်ခြင်းနှင့် တွန်းကန်ခြင်း တို့ကြောင့် မော်တာ၏ armature လည်ပတ်ရာတွင် နာရီလက်တံအတိုင်း လည်ပတ်သည်ကို ပြသထားပါသည်။ အကယ်၍ မော်တာ input line များအား ပြောင်းပြန်လှန်လိုက်ပါက pole pieces နှင့် armature တို့နှစ်ခုစလုံး၏ magnetic polarities တို့သည်လည်း reverse ဖြစ်သွားကာ မော်တာသည် ဦးတည်ရာ တစ်ဖက်တည်းဖြင့်သာ ဆက်လက်မောင်းနှင်နေပေမည် (ပုံ ၃၂.၈)။

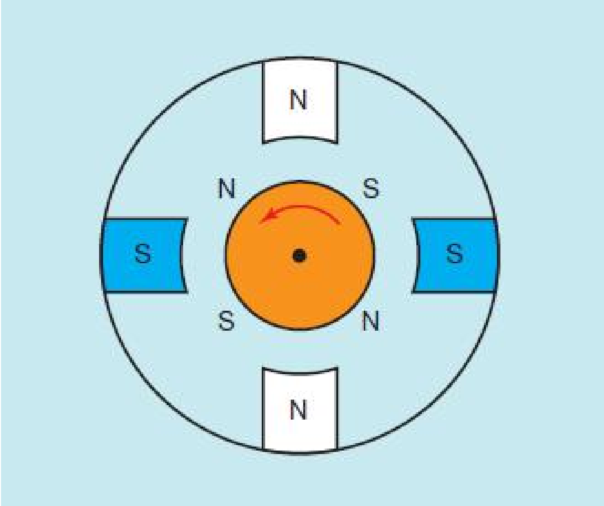


ပုံ ၃၂.၇ armature သည် နာရီလက်တံ အတိုင်း လည်ပတ်ပုံ

Armature ၏ လည်ပတ်မှုအား ပြောင်းပြန်လှန်နိုင်ရန် armature ၏ magnetic polarities နှင့် field တို့တစ်ခုစီအား ပြောင်းလဲပြစ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ ပုံ ၃၂.၉ တွင် armature leads များအား ပြောင်းလဲခဲ့သော်လည်း field leads များအား မပြောင်းလဲဘဲထားရှိသည်ကို မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။ သံလိုက်စက်ကွင်းများ၏ ဆွဲငင်ခြင်းနှင့် တွန်းကန်ခြင်း တို့မှ ယခုအခါတွင် armature အား နာရီလက်တံပြောင်းပြန် အနေအထားဖြင့် လည်ပတ်ပြီဖြစ်ပါသည်။



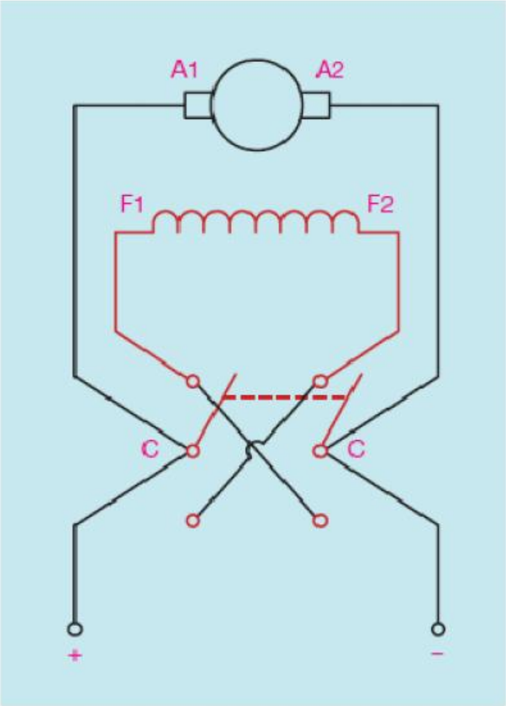
ပုံ ၃၂.၈ input line များအား ပြောင်းလဲပေးခြင်းဖြင့်လည်း မော်တာ၏ လည်ပတ်မှုဦးတည်ရာအား ပြောင်းလဲ မသွားနိုင်ပေ။



ပုံ ၃၂.၉ armature lead များအား ပြောင်းပြန်လှန်လိုက်သောအခါတွင် လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာသည် ပြောင်းလဲသွားခြင်း

Series နှင့် shunt motor တို့၏ လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာဖက်အား ပြောင်းလဲလိုပါက field သို့မဟုတ် armature တစ်ခုခု၏ leads များအား ပြောင်းပြန်လုပ်နိုင်ပါသည်။ သေးငယ်သော DC shunt motor များစွာအား shund file ၏ leads များအား ပြောင်းပြန်ဆက်သွယ်ခြင်းအားဖြင့် ပြောင်းပြန်လည်ပတ်မှုကို ရရှိနိုင်ပါသည်။ ထိုသို့ပြုလုပ်ရခြင်းမှာ shunt field အတွင်း စီးဆင်းသော လျှပ်စီးသည် armature အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးအောက် များစွာနည်းပါးသောကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။

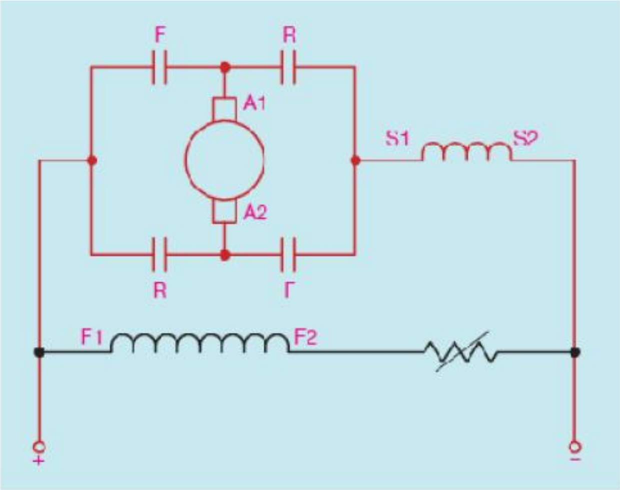
ထို့ကြောင့် ကြီးမားသော solenoid switch တစ်ခုအား အသုံးပြုရမည့်အစား သေးငယ်သော switch တစ်ခုအား reversing switch အဖြစ် အသုံးပြုရန်သာ လိုအပ်ပါသည်။ ပုံ ၃၂.၁၀ တွင် reversing switch အဖြစ်အသုံးပြုသော double-pole double-throw (DPDT) switch တစ်ခုအား ပြသထားပါသည်။ switch ၏ common terminal တွင် ပါဝါကို ချိတ်ဆက်ထားကာ stationary terminal များကိုမူ cross ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားပါသည်။



ပုံ ၃၂.၁၀ shunt motor တစ်လုံး၏ လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာအား ပြောင်းလဲပေးရန်အတွက် double-pole double-throw switch အား အသုံးပြုပုံ

Compound motor တစ်လုံးအား ပြောင်းပြန်လည်ပတ်စေရာတွင် armature leads များကိုသာ ပြောင်းလဲပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။ မော်တာအား ပြောင်းပြန်လည်ပတ်စေရာတွင် shunt field leads

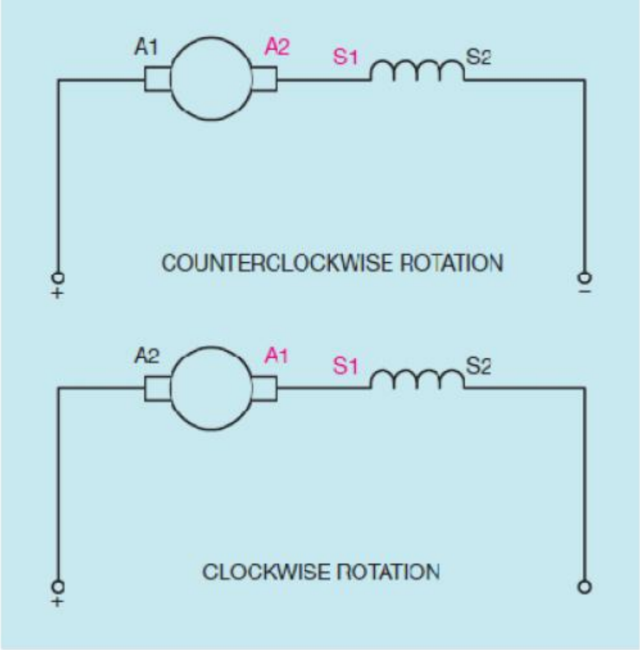
များအား ပြောင်းလဲမည်ဆိုပါက မော်တာသည် cumulative compound မှ differential compound အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားပေမည်။ ထိုသို့ဖြစ်ခဲ့ပါက မော်တာအတွက် load ကိုသုံးစွဲခြင်းကြောင့် speed အနည်းငယ်မျှ လျော့ကျသွားပေလိမ့်မည်။ ပုံ ၃၂.၁၁ တွင် reversing circuit တစ်ခုတွင် magnetic contactor အား အသုံးပြုကာ armature အတွင်း လျှပ်စီး စီးဆင်းမှုဦးတည်ရာဖက်အား ပြောင်းလဲပုံကို ပြသထားပါသည်။ series field နှင့် shunt field အတွင်း စီးဆင်းသော လျှပ်စီးတို့၏ ဦးတည်ရာဖက်သည် F contact များ သို့မဟုတ် R contact များ closed ဖြစ်စေသည့်တိုင်အောင် တူညီလျှက်ပင် ရှိသည်ကို သတိပြုမိနိုင်ပါသည်။



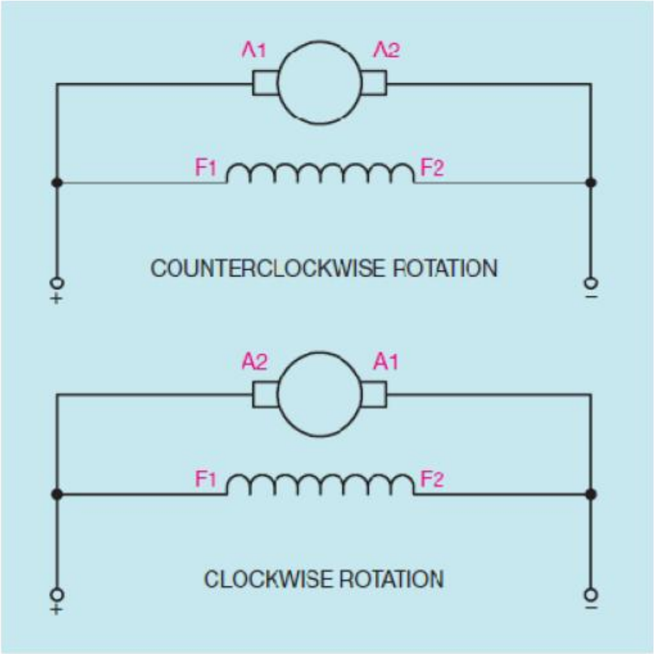
ပုံ ၃၂.၁၁ contactor များမှ armature အတွင်းဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးအား ပြောင်းပြန်ဖြစ်စေပုံ

စံပြုထားသော DC မော်တာ connection များ

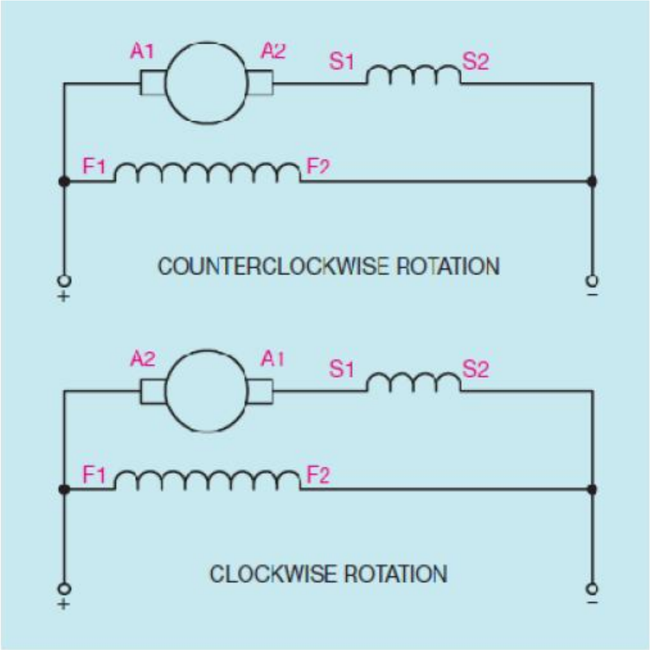
DC Motor များအား ပတ်ရာတွင် terminal lead များအား standard ပြုထားသည့်အတိုင်း အမှတ်အသားပြုပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် motor winding များအား connect လုပ်ရာတွင် မည်သို့လည်ပတ်မည်ဆိုသော လည်ပတ်မှုအတွက် ဦးတည်ရာကိုအဆုံးအဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် မော်တာ၏ အနောက်ဖက်တွင်ရှိနေသော မော်တာ၏ commutator end အား မျက်နှာမူကာ ဆုံးဖြတ်သော်လည်း အမြဲတစ်စေ ထိုသို့ပြုလုပ်ရမည်ဟု မဆိုလိုပေ။ ပုံ ၃၂.၁၂ တွင် series motor တစ်လုံး၏ စံပြု connection ကို ပြသထားပြီး ပုံ ၃၂.၁၃ တွင် shunt motor တစ်လုံး၏ စံပြု connection ကို ပြသထားကာ ပုံ ၃၂.၁၄ တွင်မူ commulative compound motor တစ်လုံး၏ စံပြု connection ကို ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၃၂.၁၂ series motor များအား ဆက်သွယ်ပုံ



ပုံ ၃၂.၁၃ shunt motor များအား ဆက်သွယ်ပုံ

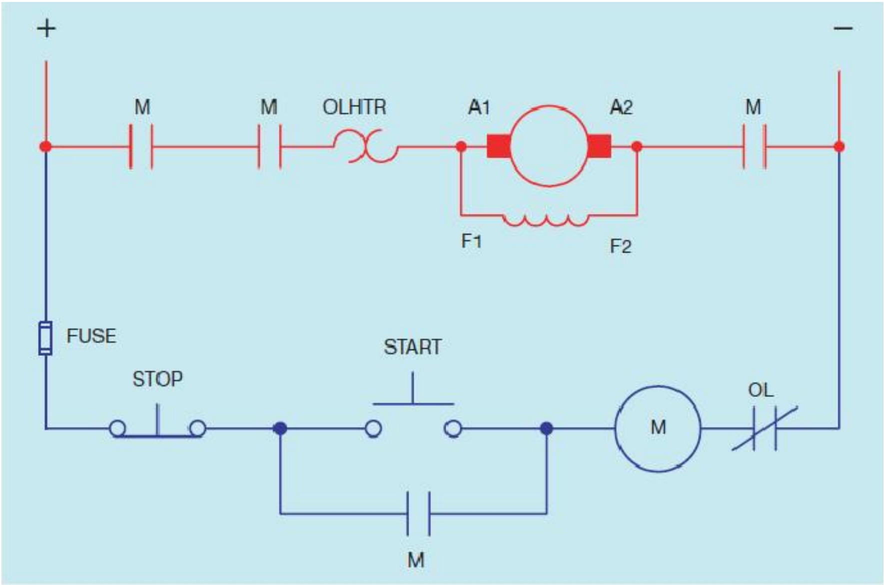


ပုံ ၃၂.၁၄ compound motor များအား ဆက်သွယ်ပုံ

အခန်း ၃၃

DC Motor များအား စတင်မောင်းနှင်သည့် နည်းလမ်းများ

သေးငယ်သော DC motor များသည် inertia နိမ့်သည့်အတွက်ကြောင့် လည်ပတ်နှုန်း (speed) အလျှင်အမြန်ရရှိစေရန်လုပ်ဆောင်သော အခါတွင် inrush current အား ကန့်သတ်နိုင်ရန် အတွက် counter EMF အလျှင်အမြန် တက်လာစေရန် လိုင်းဖို့အားကို တိုက်ရိုက်အသုံးပြုကာ စတင်မောင်းနှင်ကြပါသည်။ သေးငယ်သော AC motor များအား control လုပ်ရာတွင်အသုံးပြုသော fractional horse power မော်တာများ အတွက် အသုံးပြုသော manual starter နှင့် magnetic starter တို့အား လည်း သေးငယ်သော DC motor များအား စတင်မောင်းနှင်မှုပြုလုပ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။



ပုံ ၃၃.၁ ပိုမိုကြီးမားသော air gap ကို ရရှိစေရန် load contact များအား တန်းဆက် ဆက်ထားခြင်းဖြင့် arc အား တားဆီးရာတွင် အထောက်အကူ ရရှိစေပါသည်။

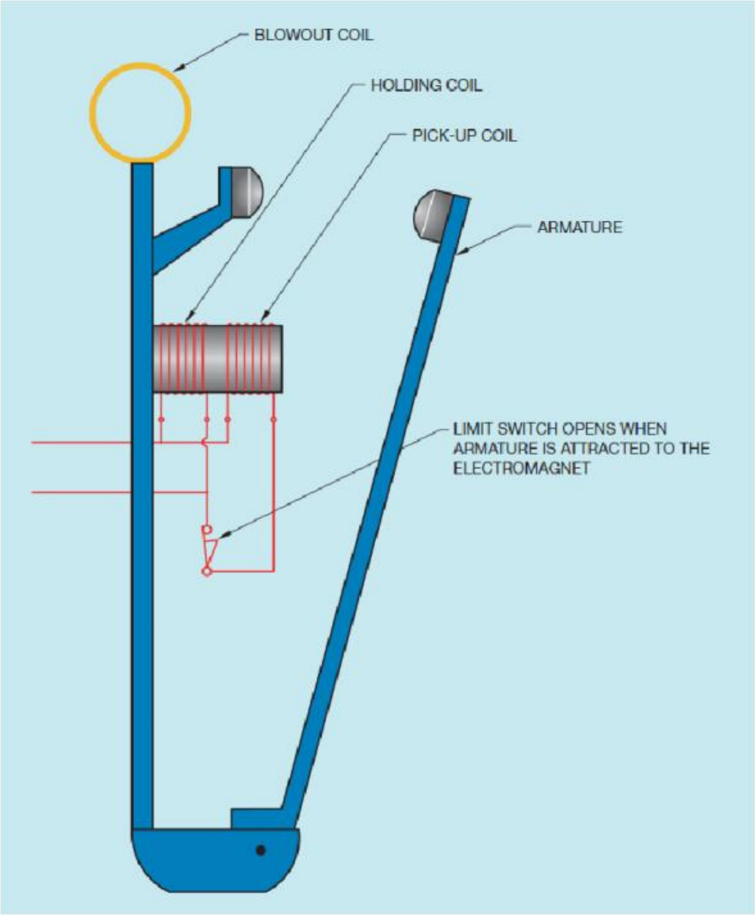
မော်တာ ရပ်တန့်ရန်အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းဖြတ်တောက်ရာတွင် load contact တစ်ခုတည်းသာ လိုအပ်သော်လည်း load contact များအား မကြာခဏ ဆိုသလို တန်းဆက် ဆက်ထားတတ်ကြပါသည် (ပုံ ၃၃.၁)။

တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးသည် ပြန်လှန်လျှပ်စီးနှင့်နှိုင်းယှဉ်ပါက ယင်းတွင် periodic interval များတွင် သုညဆီသို့ ကျသွားစေခြင်း မရှိသည့်အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်း ဖြတ်တောက်မှု (interrupt) လုပ်ရသည်မှာ ပိုမို ခက်ခဲပါသည်။ load contact များအား တန်းဆက် ဆက်ထားသည့်အတွက် contact များအကြားရှိ air gap ကို တိုးလာစေကာ electric arc ရှိလာပါက interrupt လုပ်ရန်အထောက်အကူကို ဖြစ်စေပါသည်။

တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးအား control လုပ်နိုင်ရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားသော contactor များသည် ယေဘုယျအားဖြင့် clapper type များဖြစ်ကြကာ ယင်းတို့သည် ရွေ့လျားနိုင်သော (movable) နှင့် ပုံသေတပ်ဆင်ထားသော (stationary) contact တို့အကြားတွင် ပိုမိုကြီးမားသော air gap ကို ဖြစ်စေသောကြောင့် ဖြစ်ပါသည်။ armature သွားရမည့်ခရီးတာကြောင့် ယင်းသို့သော contactor များတွင် အမြဲလိုလို အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားသော coil နှစ်ခုပါရှိပါသည်။ coil တစ်ခုအား pick-up coil ဟုခေါ်ဆိုကာ အခြားသော coil မှာမူ holding coil ဟု ခေါ်ပါသည်။ pick-up coil အား momentary duty အတွက်ကိုသာ လုပ်ဆောင်စေရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပြီး holding coil မှာမူ continuous duty လုပ်ဆောင်နိုင်ရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ contactor အနေဖြင့် energize ဖြစ်သောအခါတွင် အားကောင်းသော သံလိုက်စက်ကွင်း ရရှိစေရန်အတွက် coil နှစ်ခုစလုံး operate လုပ်ပါသည်။ armature သည် close လုပ်သွားသောအခါတွင် pick-up coil သည် disconnect ဖြစ်သွားခြင်းကြောင့် armature သည် holding coil အားဖြင့် held လုပ်ထားပါသည်။

အချို့သော ထိုကဲ့သို့သော contactor တို့သည် သေးငယ်သော limit switch တပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် armature သည် close ဖြစ်သွားစဉ်တွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား open လုပ်ပါသည် (ပုံ ၃၃.၂)။ အခြားသော dual coil contactor တို့တွင် contactor သည် energize ဖြစ်သောအခါတွင် pick-up coil အား disconnect လုပ်ရန်အတွက် normally closed ဖြစ်နေသည့် contact အပေါ်တွင်မူတည်နေပေသည် (ပုံ ၃၃.၃)။ Start button အား နှိပ်ပြီးနောက် normally closed ဖြစ်နေသော M contact မှ တစ်ဆင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းပြည့်သွားခြင်းကြောင့် holding coil နှင့် pick-up coil နှစ်ခုစလုံးတို့အား ပါဝါ ရရှိစေပါသည်။ contactor သည် energize ဖြစ်သောအခါတွင် normally closed ဖြစ်နေသော contact သည် open ဖြစ်သွားကာ pick-up coil အား disconnect လုပ်ပါသည်။ holding coil မှာမူ

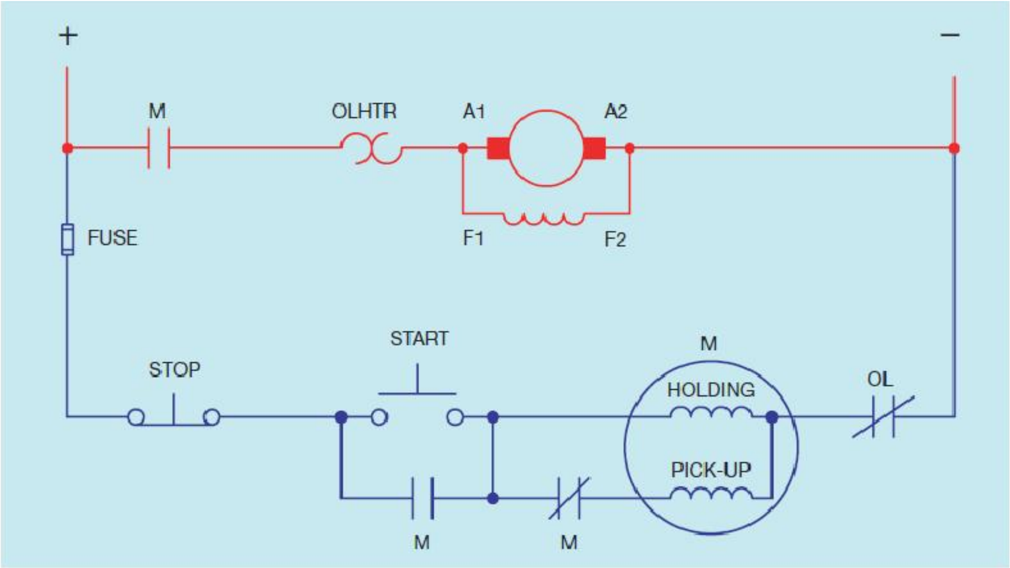
လုံလောက်သော သံလိုက်စက်ကွင်းပြင်းအားကို ရရှိသောကြောင့် armature အား closed ဖြစ်နေစေရန် ထိန်းထားနိုင်ပါသည်။



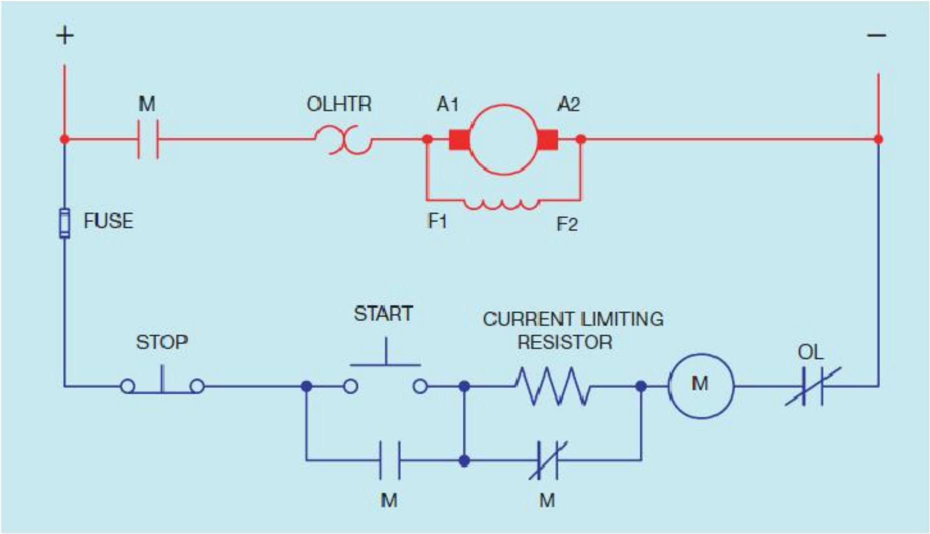
ပုံ ၃၃.၂ armature သည် close ဖြစ်သောအခါတွင် pick-up coil အား limit switch အားဖြင့် disconnect လုပ်ပုံ

pick-up လုပ်စဉ်တွင် အားကောင်းသော သံလိုက်စက်ကွင်းအား ရုတ်တရက်ပေးလိုက်ပြီးနောက်တွင် coil အတွင်း စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးအား ကန့်သတ်နိုင်စေမည့် အသုံးများသော နောက်ထပ်နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ လျှပ်စီးကို ကန့်သတ်ပေးမည့် resistor တစ်လုံးအား contactor coil နှင့် တန်းဆက် ဆက်သွယ်ပေးလိုက်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၃၃.၄)။ Start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် normally closed ဖြစ်နေသော contact သည် current limiting resistor အနီးတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို ဖြစ်စေကာ coil အား ပို့အားအပြည့်ပေးနိုင်စေပါသည်။ contactor သည် energize ဖြစ်သွားသောအခါတွင် normally

closed ဖြစ်နေသော contact သည် open ဖြစ်သွားကာ current limiting resistor အား coil နှင့် တန်းဆက်ဖြစ်စေရန် ထည့်သွင်းလိုက်သကဲ့သို့ ဖြစ်စေပါသည်။



ပုံ ၃၃.၃ contactor သည် energize ဖြစ်သွားသောအခါတွင် pick-up coil အား normally closed ဖြစ်နေသော M contact အားဖြင့် disconnect လုပ်ပုံ



ပုံ ၃၃.၄ contactor သည် energize ဖြစ်ပြီးနောက်တွင် coil အတွင်းဖြတ်သန်းစီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးအား current limiting resistor မှ လျော့ကျစေပုံ

ကြီးမားသော DC motor များအား စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် armature ဆီသို့ စီးမည့် inrush current များအား ကန့်သတ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ထိုသို့သော လျှပ်စီးအား limit လုပ်ရန်နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ resistor တစ်လုံးအား armature နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားလိုက်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ armature

စတင်လည်ပတ်သောအခါတွင် armature တွင် counter EMF ဖြစ်ပေါ်လာပါသည်။ counter EMF မြင့်တက်လာသောအခါတွင် resistance အား shunt သဘာဝ အားဖြင့် armature circuit မှ ဖယ်ထုတ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် armature အား မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်နိုင်စေပါသည်။ armature လည်ပတ်နှုန်းတိုးလာလေလေ counter EMF သည်လည်း ပိုမိုမြင့်တက်လာလေလေဖြစ်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်းမှ resistance အား armature သည် ပါဂါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်သည်အထိ တစ်ဆင့်ချင်းစီ shunt သဘာဝအားဖြင့် ဖယ်ရှားပစ်နိုင်ပါသည်။

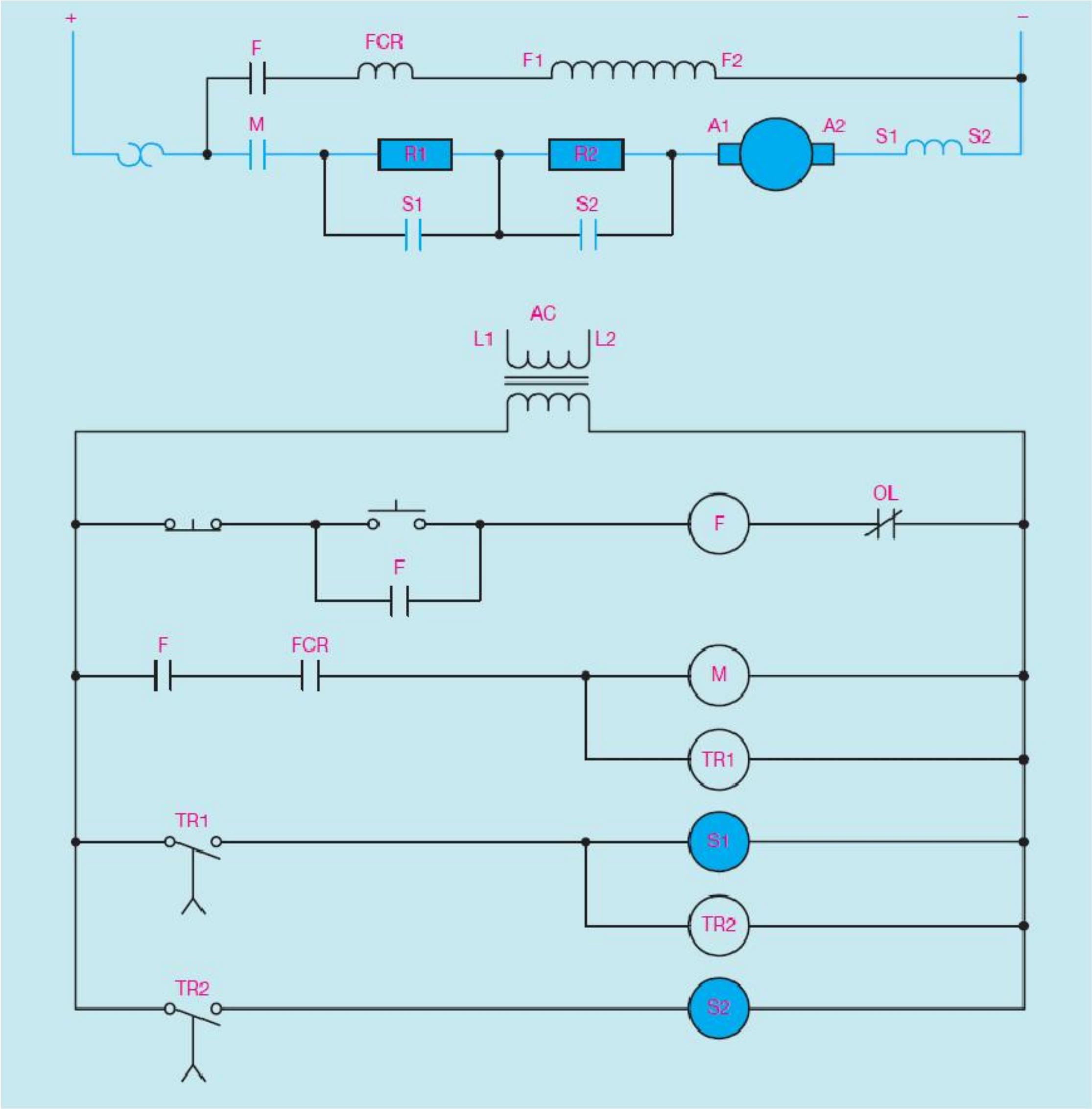
Armature အတွက် starting current အား limit လုပ်ခြင်းသည် DC control circuit တွင်ထည့်သွင်းစဉ်းစားသင့်သည့် တစ်ခုတည်းသော အချက်မဟုတ်ပေ။ များစွာသော DC motor တို့အတွက် control လျှပ်စီးပတ်လမ်း တို့သည် မော်တာ၏ shunt field တွင် field current relay (FCR) အား တန်းဆက်အနေဖြင့် ထည့်သွင်းဆက်သွယ် အသုံးပြုကြပါသည်။ FCR သည် armature ထံသို့ ပို့အားကို မချိတ်ဆက်မီတွင် shunt field အတွင်း လျှပ်စီး စီးဆင်းမှုမရှိစေရန် ပြုလုပ်ပေးပါသည်။

မော်တာလည်ပတ်နေပြီး shunt field သည် open ဖြစ်နေပါက မော်တာသည် series motor ဖြစ်သွားကာ လည်ပတ်နှုန်းသည် အလျှင်အမြန် တိုးလာပါမည်။ ထိုသို့ဖြစ်လာပါက မော်တာနှင့် ယင်းမှ ဆက်သွယ်သုံးစွဲနေသောပစ္စည်းများအား ပျက်စီးစေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် shunt field relay သည် shunt အတွင်း လျှပ်စီး မစီးဆင်းတော့ပါက armature အား ပါဂါလိုင်းမှ disconnect လုပ်ပေး ပေမည်။

ပုံ ၃၃.၅ တွင် ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် အဆင့် နှစ်ဆင့်ပါ resistance အား DC motor control တွင် တန်းဆက် ဆက်ကာ ထည့်သွင်း အသုံးပြုထားသည်ကို ပြသထားပါသည်။ မော်တာ စတင်လည်ပတ်သောအခါ resistor နှစ်ခုစလုံးတို့သည် armature ထံသို့ စီးမည့် လျှပ်စီးအားကန့်သတ်ပေးပါသည်။ time-delay relay များအား အသုံးပြုကာ starting resistor များအား shunt သဘာဝအားဖြင့် unit တစ်ခုစီလျှင် ၅ စက္ကန့်မျှစီ အချိန်ပိုင်းများခြားလျှက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ armature ကို ပါဂါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက် ချိတ်ဆက်မိသည်အထိ ဖယ်ထုတ်ပေးပါသည်။

လျှပ်စီးပတ်လမ်းလုပ်ဆောင်ပုံမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။ START button အားနှိပ်လိုက်သောအခါတွင် လျှပ်စီးသည် relay coil F ထံသို့ ပေးပို့ခြင်းဖြင့် F contact အားလုံးတို့အား အနေအထားပြောင်းသွားစေပါသည်။ F contact တစ်ခုသည် START button နှင့် အပြိုင်ဆက်နေကာ holding contact အဖြစ်ရှိနေပါသည်။ အခြားသော F contact တစ်ခုမှာမူ FCR နှင့် shunt field တို့မှ တစ်ဆင့် ပါဂါလိုင်းသို့ ဆက်သွယ်ထားပါသည်။

33-5 |DC မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်သည့် နည်းလမ်းများ



ပုံ ၃၃.၅ DC မော်တာအတွက် time-delay starter

Shunt field လျှပ်စီး စတင် စီးဆင်းသောအခါတွင် FCR contact သည် closed ဖြစ်သွားပါသည်။ FCR contact သည် close ဖြစ်သွားသောအခါတွင် motor starter coil M နှင့် coil TR1 တို့အားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်း တစ်ပတ်ပြည့်သွားပါသည်။ starter M သည် energize ဖြစ်သောအခါ M contact သည် close ဖြစ်သွားခြင်းကြောင့် armature အား DC line ဖြင့် ချိတ်ဆက်မိစေပါသည်။ coil TR1 သည် energize ဖြစ်ပြီးနောက် ၅ စက္ကန့်မျှ ကြာပြီးသောအခါ contact TR1 သည် close ဖြစ်သွားပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် လျှပ်စီးသည် relay coil S1 နှင့် TR2 တို့ထံသို့ စီးဆင်းစေပါသည်။ contact S1 သည် close ဖြစ်သွားသောအခါ resistor R1 အား shunt သဘာဝအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါသည်။ relay coil TR2 သည် energize ဖြစ်ပြီးနောက် ၅ စက္ကန့်မျှကြာပြီးသောအခါတွင်

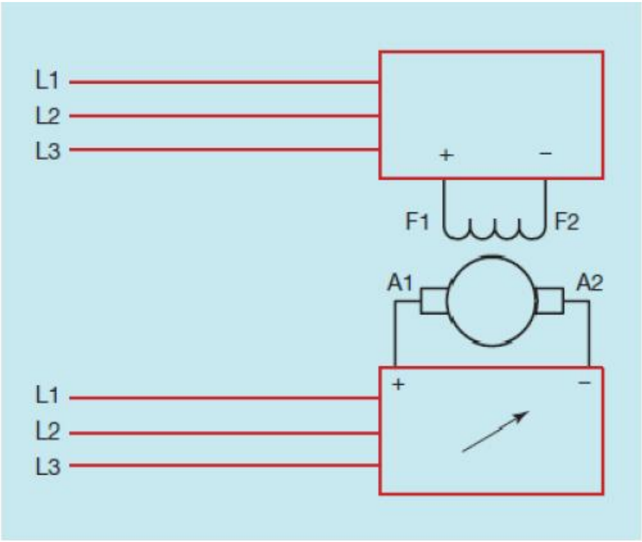
contact TR2 သည် close ဖြစ်သွားပါသည်။ contact TR2 သည် close ဖြစ်သွားသောအခါတွင် coil S2 ထံသို့ လျှပ်စီး စီးဆင်းနိုင်ပြီဖြစ်ပါသည်။ contact S2 သည် close ဖြစ်သွားသောအခါ resistor R2 အား shunt သဘာဝအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖယ်ထုတ်လိုက်ပြီးသည့်နောက်တွင် armature သည် DC ပါဝါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်လိုက်ပြီဖြစ်ပါသည်။

STOP button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် relay F သည် de-energize ဖြစ်ကာ F contact များအားလုံးအား open ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် starter coil M သို့သွားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ဖြတ်တောက်လိုက်ခြင်းကြောင့် contact M အား open ဖြစ်စေပြီး armature အား ပါဝါလိုင်းမှ disconnect ဖြစ်စေပါသည်။ coil TR1 သည် de-energize ဖြစ်ပြီးနောက်တွင် contact TR1 သည် အလျှင်အမြန် open ဖြစ်ကာ coil S1 နှင့် TR2 တို့အား de-energize ဖြစ်စေပါသည်။ coil TR2 သည် de-energize ဖြစ်ပြီးနောက်တွင် contact TR2 သည် အလျှင်အမြန် open ဖြစ်သွားကာ coil S2 အား de-energize ဖြစ်စေပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်းရှိ contact များအားလုံးတို့သည် မူလ အနေအထားသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိပြီးနောက်တွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် နောက်တစ်ကြိမ်ပြန်လည်စတင် ရန်အတွက် အသင့်ဖြစ်နေပြီဖြစ်ပါသည်။

အခန်း ၃၄

Solid-State DC Drive များ

DC motor များအား လည်ပတ်နှုန်း နိမ့်နေစဉ်တွင် မြင့်မားသော torque ကို ရရှိစေရန်နှင့် ယင်းတို့၏ variable speed characteristics တို့ကြောင့် စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် များပြားစွာ အသုံးပြုကြပါသည်။ DC motor များအား ယေဘုယျအားဖြင့် ပုံမှန်လည်ပတ်နှုန်း (normal speed) သို့မဟုတ် ယင်းထက်နိမ့်သော လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် မောင်းနှင်အသုံးပြုကြပါသည်။ DC motor ၏ normal speed ဆိုသည်မှာ မော်တာအား မောင်းနှင်ရာတွင် field နှင့် armature အား full rated voltage ပေးကာ မောင်းနှင်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ မော်တာအား normal speed အောက်နိမ့်ကာ မောင်းနှင်မှုပြုလိုပါက field အား rated voltage ပေးပြီး၊ armature အား ဗို့အားလျှော့ပေးခြင်းဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။



ပုံ ၃၄.၁ armature နှင့် field အား သီးခြား power supply များ အသုံးပြုကာ control လုပ်ပုံ

အခန်း ၃၃ တွင် လျှပ်စီးအား ကန့်သတ်ရာတွင် resistance တစ်ခုအား armature နှင့် တန်းဆက်ဆက်ကာ အသုံးပြုခြင်းကြောင့် လည်ပတ်နှုန်းအား ကန့်သတ်ပြီးဖြစ်ပေသည်။ ယင်းနည်းသည်

အမှန်တစ်ကယ်အသုံးဝင်ကာ စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် နှစ်ပေါင်းများစွာ အသုံးပြုခဲ့သော်လည်း ယခုအခါတွင်မူ အနည်းငယ်မျှသာ သုံးစွဲတော့ပါသည်။ speed control အတွက် resistance ကို အသုံးပြုရာတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် အသုံးပြုသော ပါဝါအတော်များများသည် resistor တွင်အပူအဖြစ် ဆုံးရှုံးရသည်ဖြစ်ပြီး မော်တာအား speed control လုပ်ရာတွင် resistance အား တစ်ဆင့်ချင်းစီ လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖယ်ထုတ်ရသည်ဖြစ်ခြင်းကြောင့် များစွာချောမွေ့လှသည်မဟုတ်ပေ။

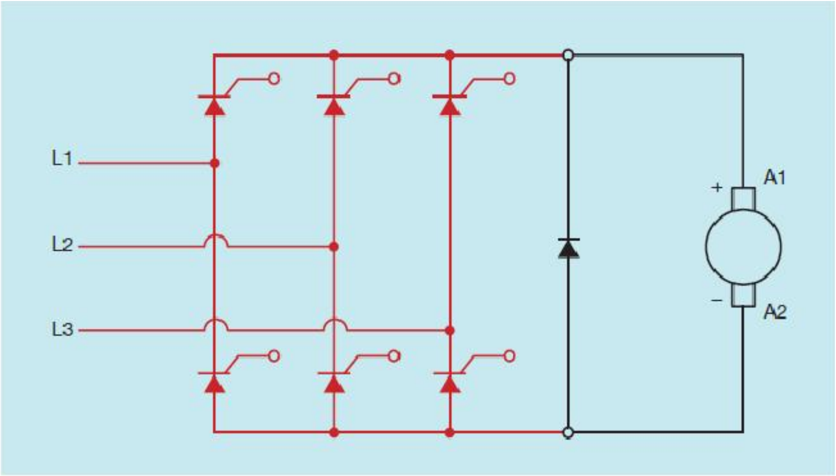
Armature နှင့်အတူ resistor တစ်လုံးအား တန်းဆက် ဆက်ကာ မော်တာအား control လုပ်မည့်အစား AC ဗို့အားမှ DC ဗို့အားသို့ ပြောင်းလဲပေးသည့် သီးခြား power supply နှစ်ခုအား အသုံးပြုကာ DC motor အား speed control လုပ်ခြင်းက ပိုမို ချောမွေ့ညင်သာသော speed control ကို ရရှိစေပါသည် (ပုံ ၃၄.၁)။ power supply တစ်ခုအား မော်တာ၏ shunt field ထံသို့ constant voltage တစ်ခုအား ပေးပို့ရာတွင် အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပြီး၊ အခြားသော power supply တစ်ခုမှာမူ ပြောင်းလဲနေသော တန်ဘိုးတစ်ခုဖြစ်ကာ armature တစ်ခုတည်းထံသို့ ပေးပို့မည့် ဗို့အားဖြစ်ပါသည်။

Shunt Field အတွက် Power Supply

Solid state DCmotor controller အတော်များများတို့သည် သီးခြား DC power supply တစ်ခုဖြင့် shunt field အတွက် excitation current ရရှိစေရန်အတွက် ပြုလုပ်ပေးပါသည်။ စက်မှုလုပ်ငန်းသုံး မော်တာအတော်များများသည် excitation ရရှိစေရန်အတွက် field magnet မှ shunt field အား လျှပ်စီးအမ်ပီယာအနည်းငယ်သာ ပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် ယင်းအချက်ပြေလည်စေရန်အတွက် သေးငယ်သော power supply တစ်ခုတည်းသာ လိုအပ်ပါသည်။ armature အတွက် main power supply ကို turn off လုပ်ထားသည့်အချိန်ဖြစ်သော်လည်း shunt field ၏ power supply အား ဒီဇိုင်းထုတ်ရာတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် အမြဲတမ်းစေ turn on ဖြစ်နေစေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ မော်တာရပ်တန့်ထားသော်လည်း shunt field အား ပါဝါချိတ်ဆက်ထားသောကြောင့် shunt field မှ ခုခံမှုသည် မော်တာအတွက် သေးငယ်သော resistance heater အဖြစ် လုပ်ဆောင်ပေးနေစေပါသည်။ ယင်းအပူရှိန်ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော condensation ဖြစ်မှုသည် မော်တာအတွင်း စိုထိုင်းမှုဖြစ်ပေါ်ခြင်းအား တားဆီးကာကွယ်ပေးပါသည်။

Armature အတွက် Power Supply

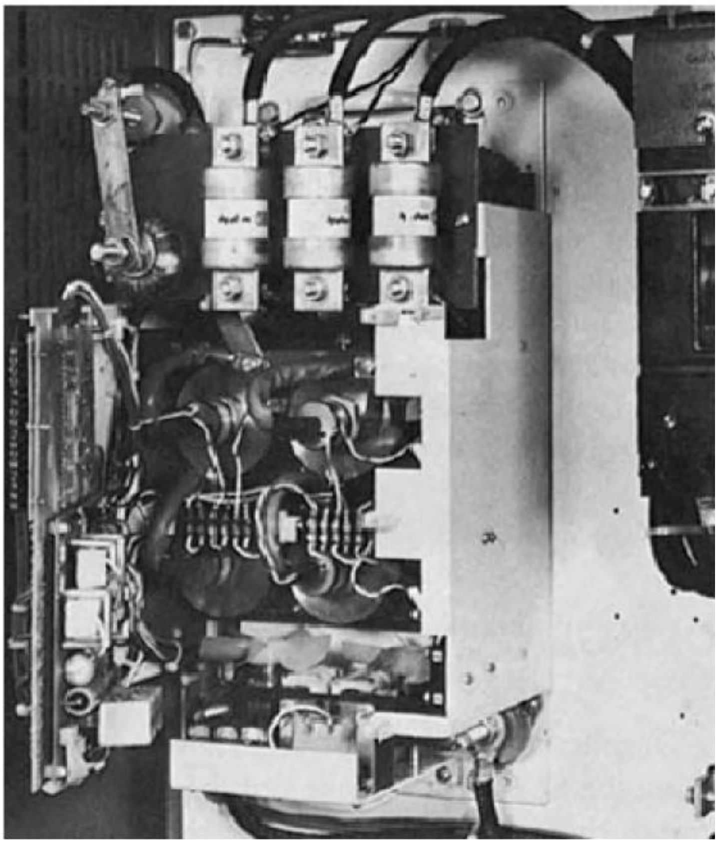
Armature အတွက် power supply သည် မော်တာ၏ armature အတွက် variable DC voltage ရရှိစေရန်အတွက်အသုံးပြုပါသည်။ ယင်း power supply သည် solid state motor controller အတွက် အသက်ပင်ဖြစ်ပါသည်။ controller ၏ အရွယ်အစားနှင့် power rating တို့အပေါ်တွင်မူတည်ကာ armature power supply အား အမ်ပီယာအနည်းငယ်မှသည် ရာပေါင်းများစွာအထိ ထုတ်လုပ်နိုင်စေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားကြပါသည်။ များသောအားဖြင့် solid state motor controller များသည် ကြီးမားသော DC motor များအား မောင်းနှင်လည်ပတ်နိုင်ရန်အတွက် လိုအပ်သော DC power အား three-phase AC voltage မှ three-phase bridge rectifier အား အသုံးပြုကာ DC voltage အဖြစ်ပြောင်းလဲပေးကြပါသည်။



ပုံ ၃၄.၂ three-phase အသုံးပြုထားသော bridge rectifier

Rectifier မှ ဒိုင်အုပ်တို့အား SCR များဖြင့် အစားထိုးကာ output voltage အား control လုပ်နိုင်စေရန် ပြုလုပ်ထားပါသည် (ပုံ ၃၄.၂)။ ပုံ ၃၄.၃ တွင် SCR များအား အသုံးပြုထားသော ထိုကဲ့သို့သော DC motor controller အား ပြသထားပါသည်။ ကြီးမားသော ဒိုင်အုပ်တစ်ခုအား မကြာခဏ ဆိုသလို bridge ၏ output တွင်ခွလျှက် တပ်ဆင်ထားပါသည်။ ယင်းသို့သော ဒိုင်အုပ်ကို freewheeling သို့မဟုတ် kickback ဒိုင်အုပ်ဟုခေါ်ဆိုကြကာ ယင်းအား armature မှ inductive spike များအား ရှင်းလင်းထုတ်ပြစ်နိုင်စေရန် အတွက် အသုံးပြုပါသည်။ armature power သည်ရုတ်တရက် ပြတ်တောက်သွားပါက သံလိုက်စက်ကွင်း အား ပြိုပျက်စေကာ armature winding တွင် မြင့်မားသောဗို့အားကို ဖြစ်စေပါသည်။ power supply သည် ပုံမှန် operating လုပ်နေသောအချိန်တွင် ဒိုင်အုပ်သည် reverse biased ဖြစ်နေသော်လည်း

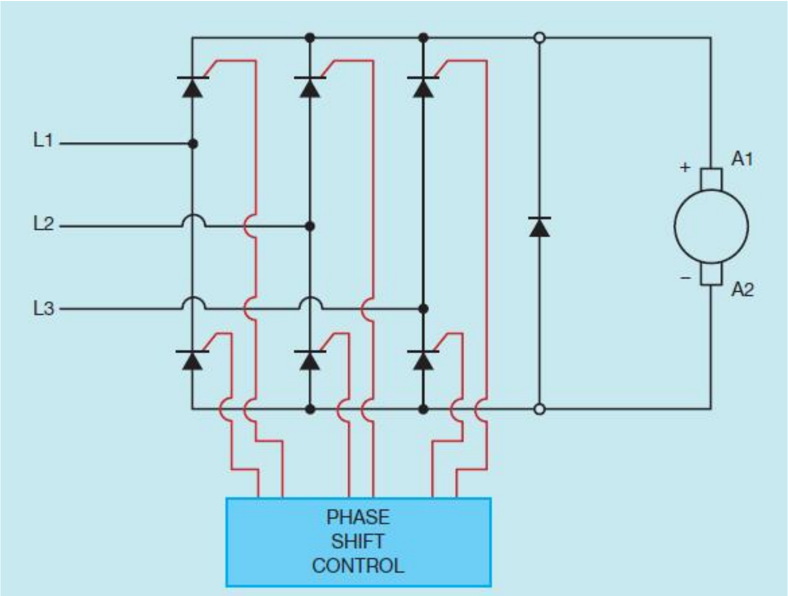
induced voltage တစ်ခုမှာမူ applied လုပ်သော ဗို့အားနှင့် ဆန့်ကျင်ဘက် polarity ရှိနေပေမည်။ ဆိုလိုသည်မှာ kickback ဒိုင်အုပ်သည် armature သို့ induced ဖြစ်လာသော မည်သည့် ဗို့အားကိုမဆို forward biased ဖြစ်စေပါသည်။ ဆီလီကွန် ဒိုင်အုပ်တွင် ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှု ၀.၆ မှ ၀.၇ အထိရှိတတ်သည်ဖြစ်ရာ forward direction တွင် armature တွင် မြင့်မားသော ဗို့အား spike များ မဖြစ်ပေါ်နိုင်တော့ပေ။



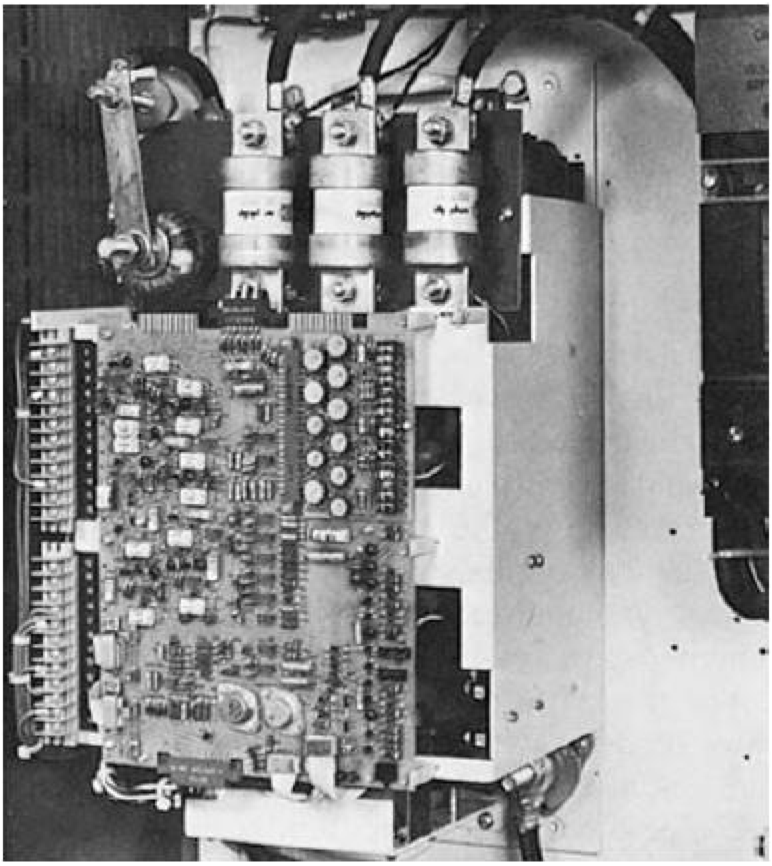
ပုံ ၃၄.၃ ကြီးမားသော DC မော်တာများအား ပါဝါပေးရာတွင် အသုံးပြုသော SCR Controller

Voltage Control ပြုလုပ်ခြင်း

SCR များအား phase shifting လုပ်ခြင်းအားဖြင့် output voltage အား control လုပ်နိုင်ပါသည်။ phase shift control unit သည် rectifier ၏ output voltage အား ဆုံးဖြတ်ပေးပါသည် (ပုံ ၃၄.၄)။ phase shift unit သည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် real controller ဖြစ်ခြင်းကြောင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ အခြားသော အစိတ်အပိုင်းများသည် လိုအပ်သော အချက်အလက်များအား phase shift control unit ထံသို့ ပေးပို့ရပါသည်။ ပုံ ၃၄.၅ တွင် စံပြုထားသော phase shift control unit တစ်ခုအား ပြသထားပါသည်။



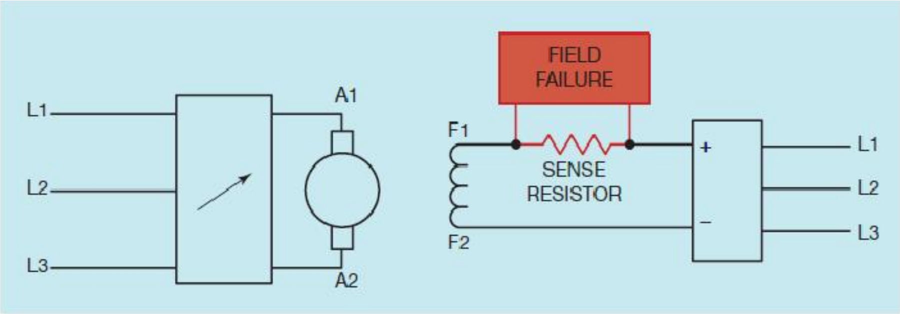
ပုံ ၃၄.၄ output volage အား phase shift အားဖြင့် control လုပ်ပုံ



ပုံ ၃၄.၅ SCR များအား control လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုသော phase shift control board

Field Failure Control ပြုလုပ်ခြင်း

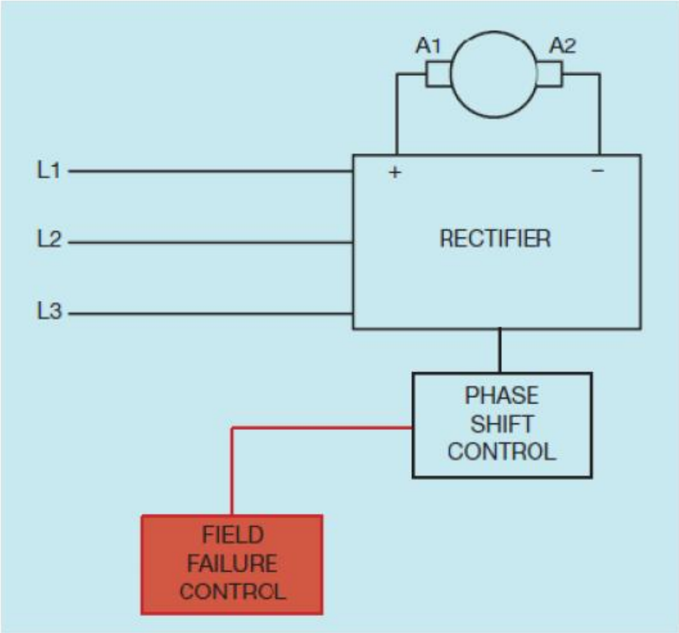
ဖော်ပြပြီးသကဲ့သို့ shunt field အတွင်းသို့ စီးသော လျှပ်စီးအား ဖြတ်တောက်လိုက်ပါက compound wound မော်တာတစ်လုံးဖြစ်ခဲ့လျှင် DC motor သည် series motor ဖြစ်သွားကာ လည်ပတ်နှုန်းသည် မြင့်တက်လာပေမည်။ shund field အတွင်း လျှပ်စီး ရပ်တန့်သွားပါက armature ကို လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖြတ်တောက်ပြစ်ရန် အချို့သော နည်းလမ်းများတွင် ထည့်သွင်းထားပေမည်။ shunt field အတွင်းသို့ စီးဆင်းသော လျှပ်စီးအား sense လုပ်ရန်အတွက် နည်းလမ်းများစွာ ရှိပါသည်။ အခန်း ၃၃ တွင် current relay တစ်ခုအား shunt field တွင် တန်းဆက် တပ်ဆင်ထားပါသည်။ current relay ၏ contact တစ်ခုအား motor starter coil နှင့် ဆက်သွယ်ထားကာ မော်တာ၏ armature အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ဆက်သွယ်မှုအတွက် အသုံးပြုထားပါသည်။ လျှပ်စီး စီးဆင်းမှု ရပ်တန့်သွားပါက current relay ၏ contact သည် open ဖြစ်သွားကာ motor starter coil လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား open ဖြစ်သွားစေပါသည်။



ပုံ ၃၄.၆ field အတွင်းဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးအား resistor အသုံးပြုကာ sense လုပ်ပုံ

လျှပ်စီး စီးဆင်းမှုအား sense လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုသော နောက်ထပ် နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ တန်ဖိုးပမာဏ သေးငယ်သော ခုခံမှုတစ်ခုအား shunt field တွင် တန်းဆက် ဆက်သွယ်ပေးထားခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၃၄.၆)။ sense resistor တွင်ဖြစ်ပေါ်သော ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုသည် resistor အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးနှင့် တိုက်ရိုက် အချိုးကျပါသည် (E = I x R)။ sense resistor သည် shunt field နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားသည့်အတွက် sense resistor အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးသည် shunt field အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးနှင့် အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ sense resistor တွင် ဆုံးရှုံးသော ဗို့အားကို တိုင်းတာရန်အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို ဒီဇိုင်းထုတ်နိုင်ပါသည်။ အကယ်၍ ဗို့အားသည်

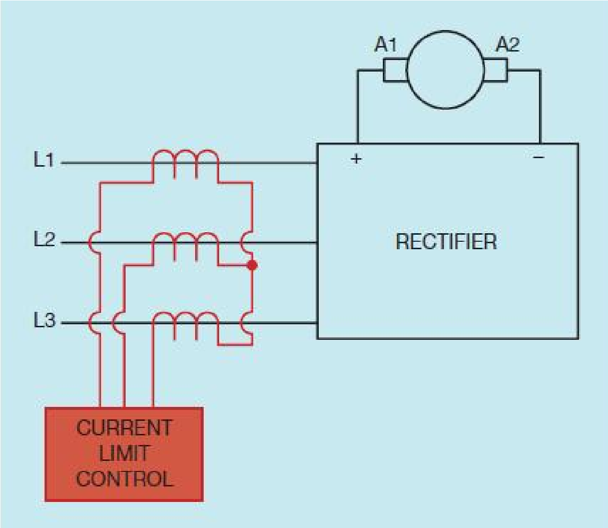
တစ်စုံတစ်ရာသော level အောက် နိမ့်သွားပါက phase shift control unit ထံသို့ signal တစ်ခုအား ပေးပို့ခြင်းအားဖြင့် SCR များအား turned off လုပ်နိုင်ပါသည် (ပုံ ၃၄.၇)။



ပုံ ၃၄.၇ field failure control မှ phase shift control သို့ signal များပေးပို့ပုံ

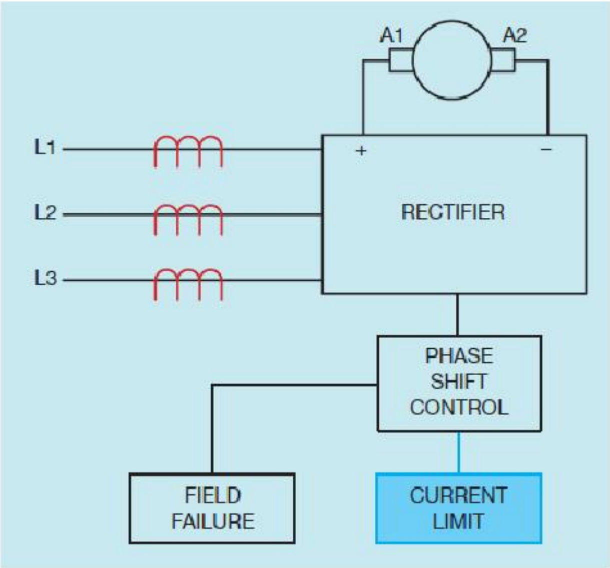
Current Limit Control ပြုလုပ်ခြင်း

ကြီးမားသော DC motor တစ်လုံး၏ armature သည် ပုံမှန်အားဖြင့် ၁ အုမ်းအောက်ငယ်သော အလွန်နိမ့်သော ခုခံမှုရှိပါသည်။ controller အား full voltage ဖြင့် applied လုပ်ကာ turned on လုပ်လိုက်သောအခါတွင် သို့မဟုတ် full voltage ဖြင့် applied လုပ်ထားစဉ်တွင် မော်တာသည် stall ဖြစ်နေပါက အလွန်မြင့်မားသော လျှပ်စီးသည် စီးဆင်းပေလိမ့်မည်။ ယင်းလျှပ်စီးသည် မော်တာ၏ armature အားပျက်စီးနိုင်စေသကဲ့သို့ controller မှ electronic အစိတ်အပိုင်းများအားလည်း ပျက်စီးစေပါသည်။ ထိုအချက်ကြောင့် solid state DC motor control တို့တွင် လျှပ်စီးပမာဏအား လုံခြုံစိတ်ချရသော တန်ဘိုးတစ်ခုအတွင်း ကန့်သတ်ထားနိုင်စေရန် နည်းလမ်း အချို့ကို အသုံးပြုကြပါသည်။



ပုံ ၃၄.၈ current transformer များဖြင့် ac line current အား တိုင်းတာပုံ

လျှပ်စီးကို sense လုပ်ရန် နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ ခုခံမှုနည်းပါးသော resistor တစ်ခုအား armature နှင့် တန်းဆက် ထည့်သွင်းဆက်သွယ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ sense resistor တွင် ဆုံးရှုံးသော ဗို့အား ပမာဏသည် ယင်း resistor အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးပမာဏနှင့် တိုက်ရိုက် အချိုးကျပါသည်။ ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုသည် တစ်စုံတစ်ရာသော level သို့ရောက်ရှိချိန်တွင် phase shift control ထံသို့ signal တစ်ခုအား ပေးပို့ကာ armature ထံသို့ မည်သို့မျှ ဗို့အား ပိုမိုပေးပို့ခွင့် မပြုနိုင်တော့ကြောင်း သတင်းစကား ပြောကြားပါသည်။

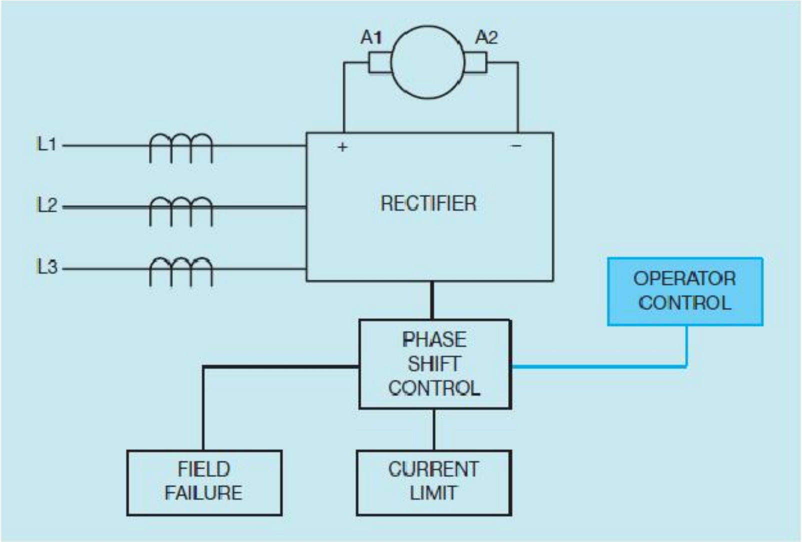


ပုံ ၃၄.၉ armature သို့ စီးဆင်းမည့်လျှပ်စီးအား ကန့်သတ်ပုံ

မြင်းကောင်ရေ ၂၅ သို့မဟုတ် ထို့ထက်ပိုမိုကြီးသော DC motor များအား control လုပ်ရာတွင် armature နှင့် ခုခံမှုတစ်ခုအား တန်းဆက် ဆက်သွယ် ထားခြင်းသည် ပြဿနာများကို ဖြစ်စေပါသည်။ ထို့ကြောင့် armature current အား sense လုပ်ရန် အတွက် နောက်ထပ် နည်းလမ်းတစ်ခုအား အသုံးပြုနိုင်ပါသည် (ပုံ ၃၄.၈)။ ထိုသို့သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် current transformer များအား AC input line များတွင် တပ်ဆင်ထားပါသည်။ rectifier ထံသို့ ပေးပို့သော လျှပ်စီးသည် armature ထံသို့ ပေးပို့သော လျှပ်စီးနှင့် အချိုးကျပါသည်။ ကြိုတင်စီစဉ်သတ်မှတ်ထားသော လျှပ်စီးပမာဏအား current transformer မှ detect လုပ်ပြီးနောက်တွင် phase shift control ထံသို့ signal တစ်ခုအား ပေးပို့ကာ armature အား ဗို့အား ပိုမိုတိုးမြှင့် ပေးပို့မှုအား ခွင့်မပြုနိုင်တော့ကြောင်း သတင်းပေးပါသည် (ပုံ ၃၄.၉)။ ထိုသို့သော armature current အား sensing လုပ်သည့်နည်းအရ armature circuit တွင် resistance တစ်လုံးအား ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ရန်မလိုအပ်တော့သော အကျိုးကျေးဇူးကို ရရှိပါသည်။ မည်သို့သော နည်းလမ်းကို အသုံးပြုသည်ဖြစ်စေ current limit သည် phase shift control အတွက် signal များကို control လုပ်ပြီး phase shift control သည် armature သို့ ပေးပို့သော ဗို့အားကို limit လုပ်ပေးပါသည်။

Speed Control ပြုလုပ်ခြင်း

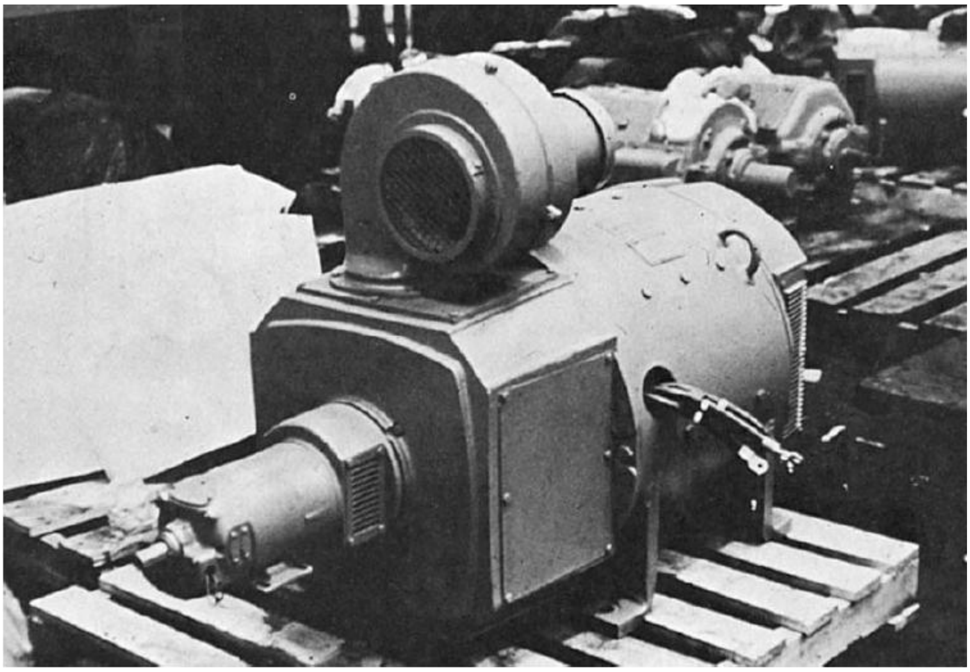
Direct current motor တစ်လုံးအား အသုံးပြုရခြင်း၏ အကောင်းဆုံးသော အကျိုးကျေးဇူးမှာ ယင်း၏ variable speed characteristics ကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား မကြာခဏ အပြောင်းအလဲလုပ်ရန် အချက်အား အလိုရှိသော်လည်း ယေဘုယျအားဖြင့် ယင်းအား set လုပ်ထားပြီးသည်နှင့် တသမတ်တည်းသော လည်ပတ်နှုန်းအား ထိန်းထားနိုင်ရန် အလိုရှိပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် DC motor တစ်လုံးအား သုညမှ ၁၈၀၀ rpm အထိ ကြိုက်နှစ်သက်ရာ လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် ချိန်ညှိ လည်ပတ်အသုံးပြုနိုင်သကဲ့သို့ မော်တာ operator အနေဖြင့် မော်တာအား အလိုရှိသော ၁၂၀၀ rpm ဖြင့် လည်ပတ်စေရန် ချိန်ညှိထားနိုင်ပါသည်။ operator control များအား phase shift control ဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည် (ပုံ ၃၄.၁၀)။ operator သည် လည်ပတ်နှုန်းကို ပြောင်းလဲလိုပါက signal တစ်ခုအား phase shift control ထံသို့ပေးပို့ရန် လိုအပ်ကာ phase shift control မှ armature ထံသို့ ပေးပို့သော ဗို့အားကို တိုးမြှင့်ခြင်း သို့မဟုတ် လျှော့ချခြင်း အစရှိသည်တို့ကို ခွင့်ပြုပေးပါသည်။



ပုံ ၃၄.၁၀ phase shift control unit တွင် operator control အား ဆက်သွယ်ပုံ

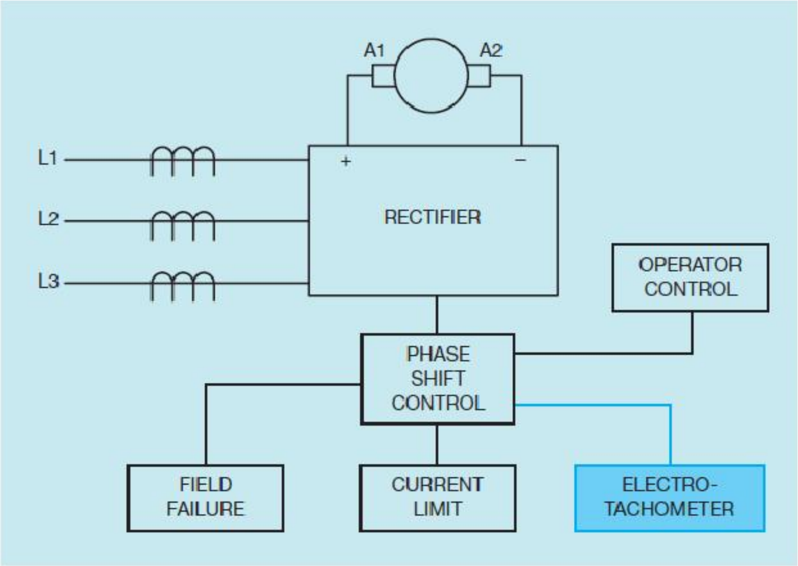
အခြားသော မော်တာများကဲ့သို့ပင် DC motor သည် load ပြောင်းလဲသွားပါက လည်ပတ်နှုန်းလည်း ပြောင်းလဲသွားပါသည်။ armature သို့ ဆက်သွယ်ပေးပို့သော ဗို့အားသည် တသမတ်တည်းဖြစ်နေပါက load တိုးမြှင့်လိုက်ခြင်းသည် မော်တာလည်ပတ်နှုန်းကို လျော့ကျစေခြင်း သို့မဟုတ် load ကို လျော့ချလိုက်ပါက မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား တိုးမြင့်စေခြင်း အစရှိသည်တို့ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ phase shift unit control သည် armature ထံသို့ပေးပို့သော ဗို့အားကို control လုပ်သည်ဖြစ်ခြင်းကြောင့် မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား control လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ မော်တာ လည်ပတ်နှုန်းအား တသမတ်တည်းထားလိုပါက မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား detect လုပ်နိုင်စေမည့် နည်းလမ်းတစ်ခုခုအား အသုံးပြုပေးရပါမည်။ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား detect လုပ်သည့် အလွန်အသုံးများသောနည်းမှာ electrotachometer (ပုံ ၃၄.၁၁) အား အသုံးပြုခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ electrotachometer သည် သေးငယ်သော အမြဲတမ်းသံလိုက် အသုံးပြုထားသော generator တစ်ခုဖြစ်ကာ မော်တာ၏ shaft တွင် ဆက်သွယ်တပ်ဆင် အသုံးပြုရန်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း generator ၏ output ဗို့အားသည် လည်ပတ်နှုန်းနှင့် အချိုးကျပါသည်။ generator ၏ output ဗို့အားကို phase shift control unit နှင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည် (ပုံ ၃၄.၁၂)။ မော်တာအတွက် load ကို အသုံးပြုလိုက်သောအခါတွင် မော်တာလည်ပတ်နှုန်းသည် ကျဆင်းသွားပါသည်။ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းကျဆင်းသွားသောအခါတွင် electrotechometer မှ ထုတ်လုပ်သော output ဗို့အားသည်လည်း ကျဆင်းသွားပါသည်။ phase shift unit သည် tachometer မှ

ဗို့အား လျော့ကျမှုအား detect လုပ်ပြီးနောက် armature ဗို့အားကို tachometer မှ ဗို့အားသည် သင့်လျော်သော တန်ဘိုးတစ်ခုသို့ ရောက်သည့်တိုင်အောင် တိုးမြှင့်ပေးပါသည်။

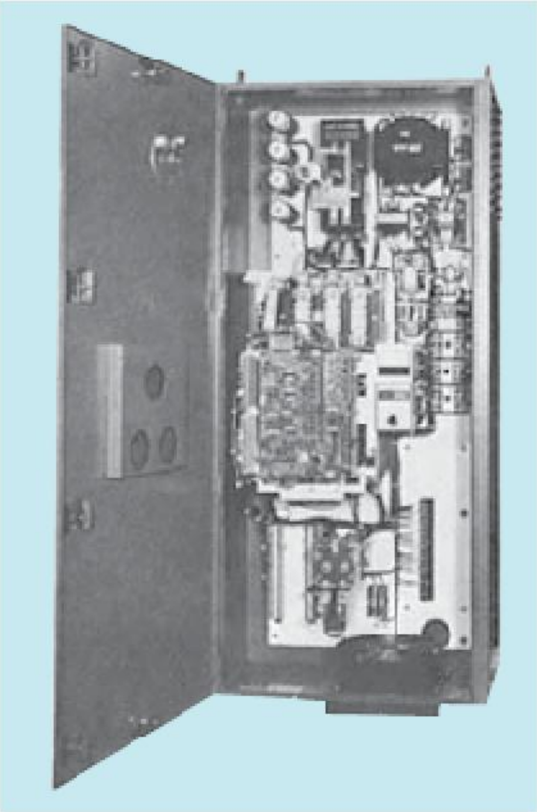


ပုံ ၃၄.၁၁ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား တိုင်းတာနိုင်ရန်အတွက် tachometer တပ်ဆင်ထားသော DC လျှပ်စီးအသုံးပြုထားသည့် မော်တာ

Load အား ဖယ်ရှားလိုက်ပါက မော်တာလည်ပတ်နှုန်း တိုးလာပါမည်။ မော်တာလည်ပတ်နှုန်း တိုးလာမှုကြောင့် tachometer မှ output ဗို့အားသည်လည်း တိုးလာပါသည်။ phase shift control unit သည် တိုးတက်လာသော tachometer ဗို့အားကို detect လုပ်ကာ armature ထံသို့ ပေးပို့သော ဗို့အားကို လျော့ချပေးပါသည်။ electronic component များ၏ တုန့်ပြန်မှုသည် အလွန်လျှင်မြန်လှသည့်အတွက် load အား ထည့်သွင်းသည်ဖြစ်စေ လျော့ချဖယ်ထုတ်သည်ဖြစ်စေ တို့အတွက် ပြောင်းလဲသွားသော မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား သတိမပြုမိသည်အထိ ဖြစ်ရပါသည်။ SCR အသုံးပြုထားသော motor control unit တစ်ခုအား ပုံ ၃၄.၁၂ တွင် ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၃၄.၁၂ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား electrotachometer ဖြင့် တိုင်းတာမှု

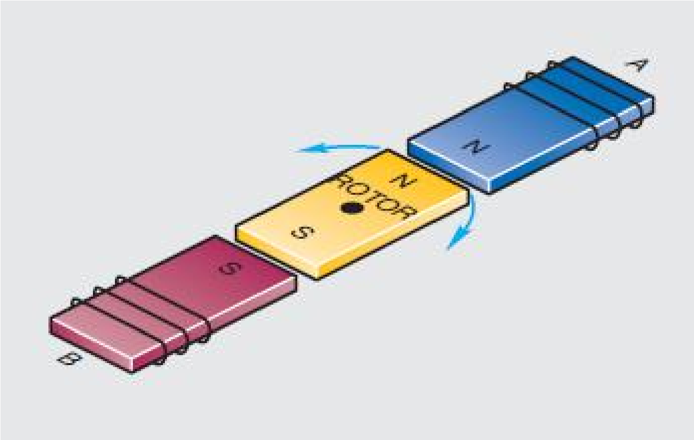


ပုံ ၃၄.၁၃ cabinet အတွင်း ထည့်သွင်းကာ တပ်ဆင်ထားသော SCR အသုံးပြုထားသော မော်တာ control ယူနစ်

အခန်း ၃၅

Stepping Motor များ

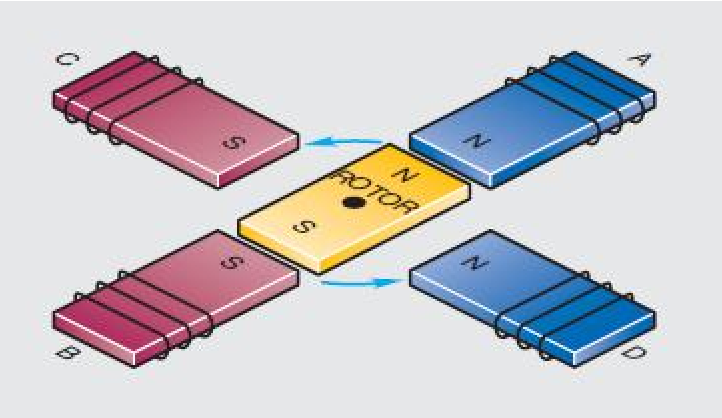
Stepping motor များသည် electrical impulse များမှ mechanical movement ရရှိစေရန် ပြောင်းလဲပေးသော ပစ္စည်းများဖြစ်ပါသည်။ stepping မော်တာများနှင့် အခြားသော DC သို့မဟုတ် AC မော်တာများ၏ ကွာခြားချက်မှာ ယင်းတို့၏ output shaft သည် မော်တာမှ pulse တစ်ခုကို လက်ခံရရှိသည့် အကြိမ်တိုင်းတွင် တိကျသော angular movement ဖြင့် ရွေ့လျားခြင်းဖြစ်ပါသည်။ pulse ကို လက်ခံရရှိသည့် အကြိမ်တိုင်းတွင် မော်တာ၏ shaft သည် တိကျသော ပမာဏတစ်ခု ရွေ့လျား လည်ပတ်ပါသည်။ stepping motor တစ်လုံးသည် လည်ပတ်နှုန်း၊ အကွာအဝေးနှင့် တည်နေပုံအနေအထား အစရှိသည်တို့အပေါ်တွင် မူတည်ကာ load တစ်ခုအား control လုပ်ပါသည်။ ယင်းမော်တာများသည် control လုပ်ငန်းကို လုပ်ဆောင်ရာတွင် အလွန်တိကျပါသည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် angle of rotation တစ်ခုအတွက် ၅% မျှသာ error ရှိကာ ယင်း error အားလည်း လည်ပတ်နှုန်းမည်မျှပင်ဖြစ်စေကာမူ ထည့်သွင်းပေါင်းယူခြင်းမပြုပေ။ stepping မော်တာများသည် DC ပါဝါဖြင့် မောင်းနှင်လုပ်ကိုင်ကြသော်လည်း ယင်းအား AC ပါဝါဖြင့် ချိတ်ဆက်လိုက်သောအခါတွင် two-phase synchronous motor အနေဖြင့် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။



ပုံ ၃၅.၁ rotor သည် ဦးတည်ရာတစ်ခုစီသို့ လည်ပတ်ပုံ

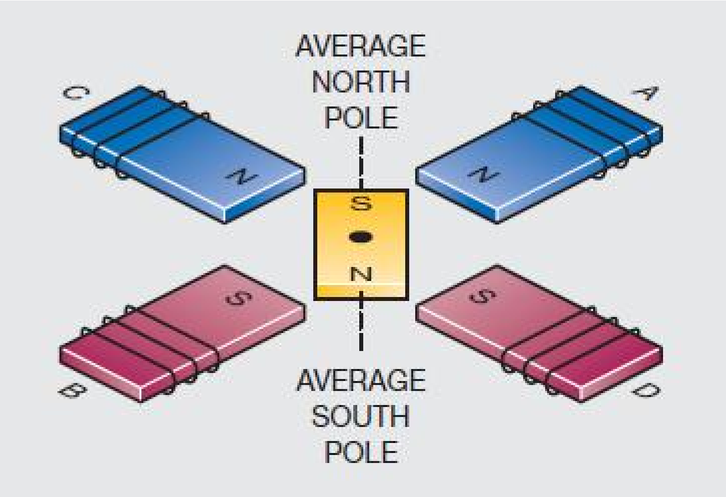
မောင်းနှင် လုပ်ကိုင်ပုံ သီအိုရီ

Stepping မော်တာများသည် တူညီသော သံလိုက်ဝင်ရိုးစွန်းများ ဆန့်ကျင်၍ မတူညီသော သံလိုက်ဝင်ရိုးစွန်းများ ဆွဲငင်ကြသည်ဆိုသော သီအိုရီကို အသုံးပြုကာ မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်ကြပါသည်။ ပုံ ၃၅.၁ ကို ရည်ညွှန်းကြည့်ကြပါစို့။ ယင်း ပုံတွင် rotor သည် အမြဲတမ်း သံလိုက်တစ်ခုဖြစ်ကာ stator winding တွင် လျှပ်စစ်သံလိုက် နှစ်ခုရှိပါရှိပါသည်။ အကယ်၍ လျှပ်စီးသည် stator pole A ၏ winding အား ပုံတွင်ပြထားသည့်အတိုင်း စီးဆင်းပါက သံလိုက် မြောက်ဝင်ရိုးစွန်းကို ဖြစ်ပေါ်စေကာ B အတိုင်း ဦးတည်ကာ စီးခဲ့ပါက သံလိုက် တောင်ဝင်ရိုးစွန်းကို ဖြစ်စေသော်လည်း မည်သည့်ဘက်သို့ လည်ပတ်မည်ကို ဆုံးဖြတ်၍မရပေ။ ထိုအခြေအနေတွင် rotor သည် ဦးတည်ရာဖက် တစ်ခုခုသို့ လည်ပတ်နိုင်ပါသည်။



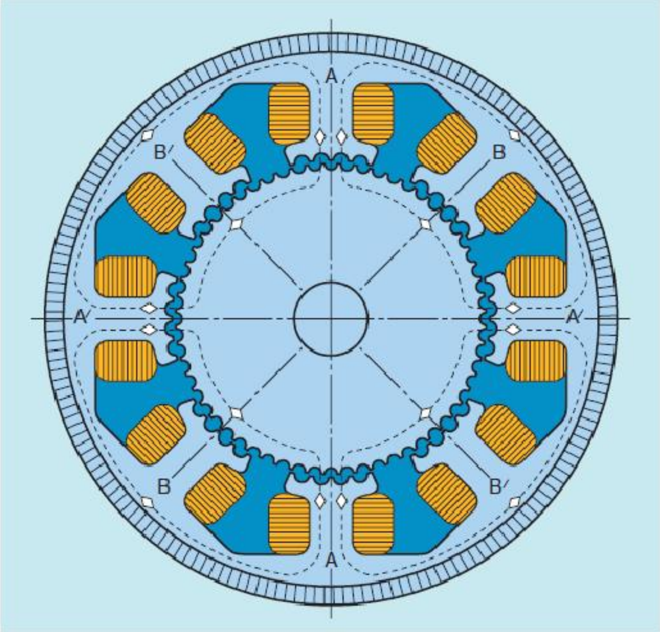
ပုံ ၃၅.၂ သတ်မှတ်ထားပြီးသော လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာ

ယခုအခါ ပုံ ၃၅.၂ တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို လေ့လာကြည့်ပါမည်။ ယင်းလျှပ်စီးတွင်ရှိသော မော်တာတွင် stator pole အားဖြင့် နှစ်ခုအစား လေးခုပါရှိပါသည်။ stator pole A အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီး၏ ဦးတည်ရာသည် ထိုသို့ရှိနေသည့်အတွက် မြောက် သံလိုက်စက်ကွင်း တစ်ခုအား ဖြစ်ပေါ်စေပါပြီး၊ လျှပ်စီးသည် pole B အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းပါက တောင် သံလိုက်စက်ကွင်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ pole C အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးကြောင့် တောင် သံလိုက်စက်ကွင်းကို ဖြစ်စေကာ pole D အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးကြောင့် မြောက် သံလိုက်စက်ကွင်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ပုံတွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း ဦးတည်ရာနှင့်ပတ်သက်၍ဖြစ်စေ၊ angle of rotation အားဖြစ်စေ သံသယဖြစ်စရာ မရှိပေ။ ယင်း ဥပမာတွင် rotor shaft သည် နာရီလက်တန် ပြောင်းပြန်အားဖြင့် ၉၀ ဒီဂရီ လှည့်ပေမည်။



ပုံ ၃၅.၃ rotor အား pole pieces များအကြားတွင် နေရာချထားပုံ

ပုံ ၃၅.၃ တွင်မူ နောက်ထပ်အခြေအနေတစ်ခုအား ပြသထားပါသည်။ ယင်းဥပမာတွင် လျှပ်စီးသည် pole A နှင့် C တို့အားဖြတ်သန်းစီးဆင်းကာ ထိုသို့သော ဦးတည်ရာကြောင့် မြောက် သံလိုက်ဂငရှိးစွန်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပြီး pole B နှင့် D တို့အားဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီး၏ ဦးတည်ရာကြောင့် တောင် သံလိုက်ဂငရှိးစွန်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ထိုသို့သော ဖော်ပြမှုတွင် အမှန်တစ်ကယ်ရှိနေသော pole pieces များအကြားတွင် အမြဲတမ်းသံလိုက် rotor အား လည်ပတ်စေပါသည်။

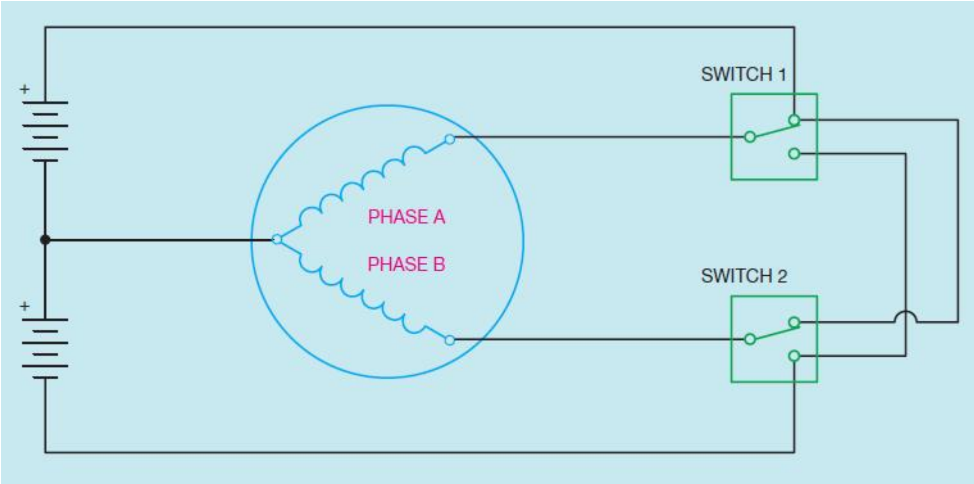


ပုံ ၃၅.၄ DC Stepping motor တစ်လုံးအား တည်ဆောက်ထားပုံ

ပိုမိုကောင်းမွန်သော stepping resolution ရရှိစေရန် များသောအားဖြင့် stepping motor တို့၏ stator တွင် stator pole ရှစ်ခု ပါရှိကာ pole pieces များနှင့် rotor တို့အား ပုံ ၃၅.၄ တွင်ပြသထားသည့်အတိုင်း အသွားဖော်ထားပါသည်။ လက်တွေ့တွင် stator နှင့် rotor တို့တွင်ရှိသော အသွားအရေအတွက်သည် မော်တာ step တစ်ဆင့်စီသွားသော အချိန်တစ်ခုစီအတွက် ရရှိသော angular rotation ပင်ဖြစ်ပါသည်။ ပုံ ၃၅.၄ တွင်ဖော်ပြထားသော stator-rotor အသွားများ တည်ဆောက်ထားပုံသည် step တစ်ခုသွားတိုင်း ၁.၈ ဒီဂရီ ရှိသော angular rotation ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။

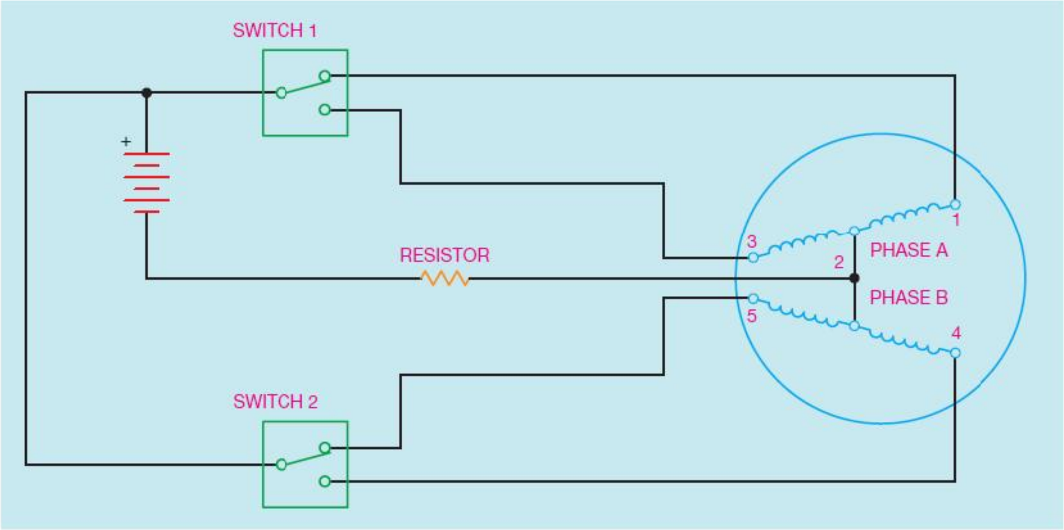
Stepper motor များအား Winding ပတ်ထားပုံ

Stepper motor များအား winding ပတ်ရန် မတူကွဲပြားသော နည်းလမ်း သုံးခုရှိပါသည်။ စံပြုထားသော three-lead မော်တာတစ်လုံးအား ပုံ ၃၅.၅ တွင်ပြသထားပါသည်။ winding နှစ်ခု၏ ဘုံဖြစ်နေသော terminal အား အပေါ်ဖက်ခြမ်း ground ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားကာ အောက်ဖက်ခြမ်း ground ကိုမူ power supply ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ Terminal 1 အား single-pole double-throw switch (switch#1) ၏ common ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားကာ terminal 3 မှာမူ single-pole double-throw switch နောက်တစ်ခုဖြစ်သော (switch#2) ၏ common ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။



ပုံ ၃၅.၅ စံပြုထားသော three-lead motor

switch တစ်ခုစီမှ stationary contact တစ်ခုခုသည် အပေါင်း သို့မဟုတ် အပေါ်ဖက်ခြမ်း ground voltage ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားကာ အခြားသော stationary contact မှာမူ အနုတ် သို့မဟုတ် အောက်ဖက်ခြမ်း ground voltage ဖြင့်ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ winding တစ်ခုစီ၏ polarity အား ယင်း၏ control switch ၏ position setting အပေါ်တွင်မူတည်ကာ ဆုံးဖြတ်နိုင်ပါသည်။



ပုံ ၃၅.၆ bifilar wound stepping motor

Stepping motor များအား ပုံ ၃၅.၆ တွင်ပြသထားသည့်အတိုင်း bifilar ပုံစံဖြင့်လည်း ပတ်နိုင်ပါသည်။ bifilar ဆိုသည်မှာ winding နှစ်ခုအား အတူတကွ ပတ်ထားခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ယင်းသည် center tap lead ပါရှိသော transformer ၏ winding များ ပတ်ထားသကဲ့သို့ဖြစ်ပါသည်။ bifilar stepping motor တို့သည် three-lead type ထက် winding အရေအတွက် နှစ်ဆမျှ ပိုမိုများပြားစွာ ပတ်ရသည်ဖြစ်ရာ winding များတွင် ပိုမိုသေးငယ်သော ဝါယာကို အသုံးပြုရန် လိုအပ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် winding တွင် ပိုမိုမြင့်မားသော ဝါယာခုခံမှုကို ဖြစ်စေကာ bifilar wound motor များအတွက် ပိုမိုကောင်းမွန်သော inductive-resistive (L/R) time constant ကို ရရှိစေပါသည်။ L/R time constant တန်ဘိုး မြင့်မားခြင်းအားဖြင့် မော်တာအတွက် ပိုမိုကောင်းမွန်သော စွမ်းဆောင်နိုင်မှုကို ရရှိစေပါသည်။ bifilar stepper motor အား အသုံးပြုခြင်းအားဖြင့် drive circuit အတွက် ပိုမိုရိုးရှင်းမှုကို ဖြစ်စေပါသည်။ bifilar motor တွင် အပေါ်ဖက် နှင့် အောက်ဖက် ground power supply များ မလိုအပ်ပေ။ ယေဘုယျ ဥပဒေသ အားဖြင့် power supply voltage သည် မော်တာဗို့အားထက် ငါးဆမျှ ပိုမိုကြီးမားရန်လိုအပ်ပါသည်။

လျှပ်စီးကို ကန့်သတ်ပေးမည့် ခုခံမှုတစ်ခုအား မော်တာ၏ common lead တွင် တပ်ဆင်အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်း လျှပ်စီး ကန့်သတ်မှုပြုပေးသော ခုခံမှုသည် L/R time constant တန်ဘိုးကို ပိုမိုတိုးတက်ကောင်းမွန်လာစေရန် ကူညီထောက်ကူပေးပါသည်။

အဆင့်လေးဆင့် switching (Full Stepping)

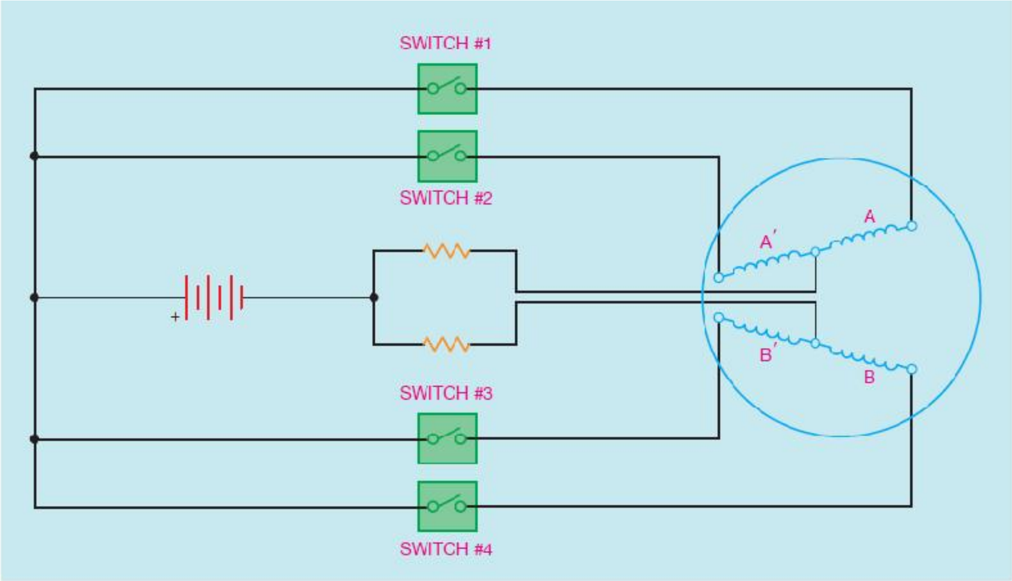
ပုံ ၃၅.၆ တွင် ဖော်ပြထားသော switching arrangement အား four-step sequence တစ်ခုအတွက် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ အချိန်တစ်ခုစီတွင် switch တစ်ခုစီ အနေအထားပြောင်းလဲစေခြင်းဖြင့် rotor သည် tooth တစ်ခု၏ လေးပုံတစ်ပုံစာ ရွေ့သို့ လည်ပတ်ပေမည်။ step လေးခုအပြီးတွင် rotor သည် angular rotation အားဖြင့် tooth တစ်ခု အပြည့်စာ လည်ပတ်ပြီးဖြစ်ပေမည်။ rotor နှင့် stator တွင် teeth အခု ငါးဆယ်ရှိခဲ့ပါက မော်တာ တစ်ပတ်အပြည့်လည်ပတ်နိုင်စေရန် step ပေါင်း ၂၀၀ လိုအပ်ပါသည်။ ယင်းသည် step တစ်ခုသည် angular rotation အားဖြင့် ၁.၈ ဒီဂရီမျှနှင့် လိုက်ဖက် တူညီပါသည်။ (၃၆၀/၂၀၀ steps = ၁.၈ ဒီဂရီ / step) ပုံ ၃၅.၇ တွင် step တစ်ခုစီအတွက် switch အနေအထားများအား ပြသထားပါသည်။

STEP	SWITCH #1	SWITCH #2
1	1	5
2	1	4
3	3	4
4	3	5
1	1	5

ပုံ ၃၅.၇ အဆင့် လေးဆင့် switching အစီအစဉ်

အဆင့် ရှစ်ဆင့် switching (Half Stepping)

ပုံ ၃၅.၈ တွင် eight stepping sequence တစ်ခုအတွက် ချိတ်ဆက်ထားမှုအား ပြသထားပါသည်။ ယင်း arrangement တွင် phase A နှင့် B တို့အတွက် center tap lead များအား ယင်းတို့ကိုယ်စီအတွက် သီးခြား current limiting resistor များအား power supply ၏ အနုတ်ဖက်ခြမ်းတွင် တပ်ဆင်ထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် switch နှစ်ခုအစား သီးခြား single pole switch လေးခုအား ပါရှိစေပါသည်။ ထိုသို့သော စီစဉ်မှုတွင် step တစ်ခုစီသည် မော်တာရှိ tooth တစ်ခု၏ လေးပုံတစ်ပုံမျှ အစား ရှစ်ပုံတစ်ပုံမျှ လည်ပတ်စေရပါသည်။

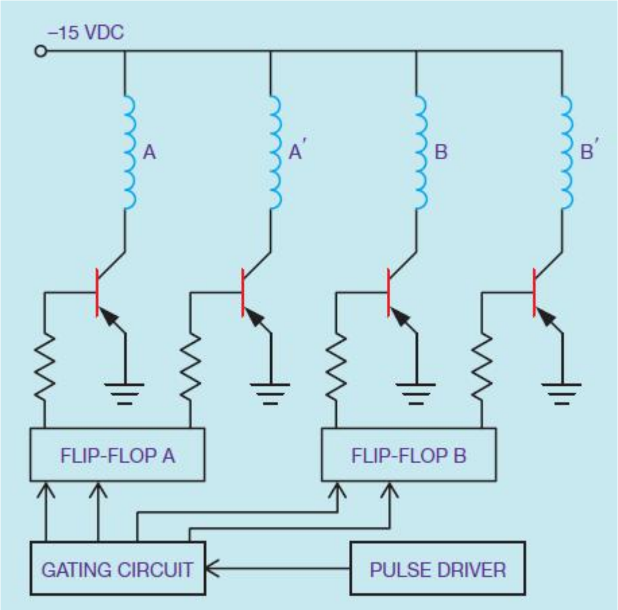


ပုံ ၃၅.၈ အဆင့် ရှစ်ဆင့် switching

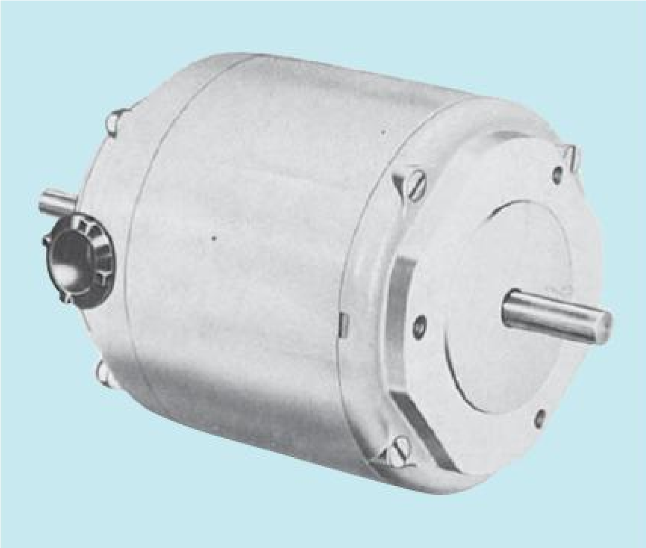
ယခုအခါတွင် မော်တာ တစ်ပတ်လည်ပတ်ရန်အတွက် step ပေါင်း ၄၀၀ လိုအပ်ကာ step တစ်ခုစီသည် angular rotation အားဖြင့် ၀.၉ ဒီဂရီ ရှိပါသည်။ ယင်းကြောင့် stepping resolution အား ပိုမိုကောင်းမွန်စေကာ လည်ပတ်နိုင်မှု နှုံးထားကိုလည်း ပိုမိုကောင်းမွန်စေပါသည်။ ပုံ ၃၅.၉ တွင် ပြသထားသော chart တွင် step တစ်ခုစီအတွက် switch အနေအထားများအား ပြသထားပါသည်။ ပုံ ၃၅.၁၀ တွင် eight step switching arrangement အတွက် solid state switching circuit တစ်ခုအားပြသထားပါသည်။ stepping motor တစ်လုံးအား ပုံ ၃၅.၁၁ တွင် ပြသထားပါသည်။

STEP	SW #1	SW #2	SW #3	SW #4
1	ON	OFF	ON	OFF
2	ON	OFF	OFF	OFF
3	ON	OFF	OFF	ON
4	OFF	OFF	OFF	ON
5	OFF	ON	OFF	ON
6	OFF	ON	OFF	OFF
7	OFF	ON	ON	OFF
8	OFF	OFF	ON	OFF
1	ON	OFF	ON	OFF

ပုံ ၃၅.၉ အဆင့် ရှစ်ဆင့်ပါ switching အစီအစဉ်



ပုံ ၃၅.၁၀ အဆင့် ရှစ်ဆင့်ပါ switching လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် solid-state drive



ပုံ ၃၅.၁၁ DC Stepping Motor

AC ဖြင့် မောင်းနှင်အသုံးပြုခြင်း

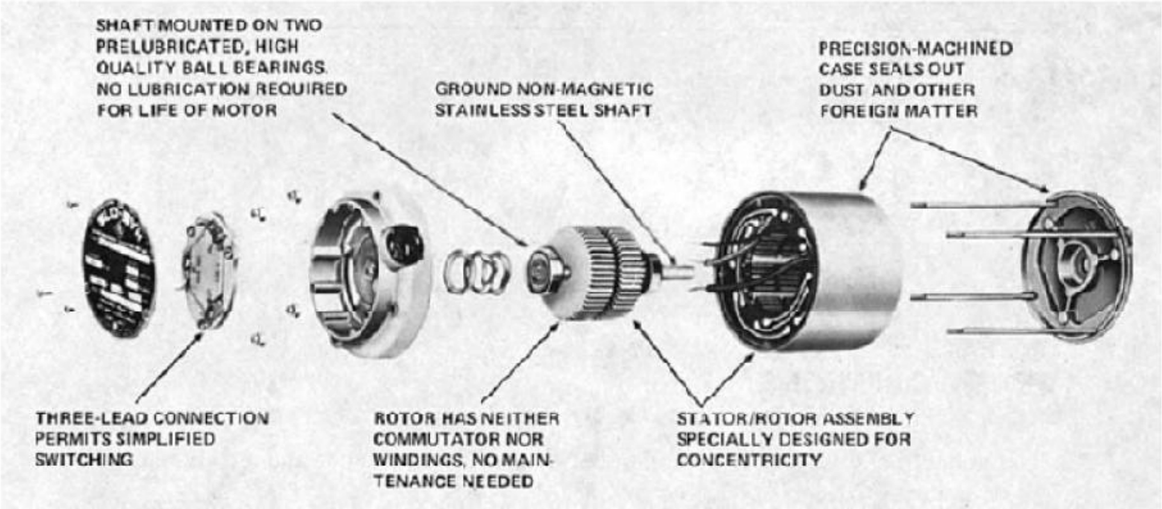
Stepping motor များအား အေစီ ဗို့အားဖြင့်လည်း မောင်းနှင် သုံးစွဲနိုင်ပါသည်။ ထိုသို့သော operation mode တွင် ယင်းတို့သည် speed တသမတ်တည်း မောင်းနှင်နိုင်သော two-phase AC Synchronous motor အဖြစ် ဖြစ်လာကာ အဆင့်ခွဲခြား သတ်မှတ်မည်ဆိုပါကလည်း permanent magnet induction motor အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်ပါသည်။ ပုံ ၃၅.၁၂ တွင် ဖော်ပြထားသော stepping motor တစ်လုံး၏ အသေးစိတ်ပုံကို ရည်ညွှန်းနိုင်ပါသည်။ ယင်း မော်တာတွင် brush များ၊ slip ring များ၊ commutator၊ gear များ၊ သို့မဟုတ် belt များ မပါရှိပေ။ bearing များသည် အမြဲတမ်းသံလိုက် rotor နှင့် stator winding များအကြား air gap ကို တသမတ်တည်းဖြစ်နေစေရန် လုပ်ဆောင်ပေးပါသည်။ စံပြုထားသော eight-stator pole ပါရှိသော stepping motor သည် two-phase AC ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်သောအခါတွင် synchronous speed အားဖြင့် ၇၂ rpm ကို ရရှိပေလိမ့်မည်။

Resistive-capacitive network တစ်ခုအား အသုံးပြုကာ single phase AC မှ two-phase AC အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲရန်အတွက် အလိုရှိသော ၉၀ ဒီဂရီ phase shift အား ရရှိစေပါသည်။ forward-off-reverse switch တစ်ခုအား အသုံးပြုကာ directional control အား ရရှိစေပါသည်။ ပုံ ၃၅.၁၃ တွင် ထိုသို့သော ရိုးရှင်းသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ပြသထားပါသည်။ ကောင်းမွန်သော လုပ်ဆောင်မှုရရှိစေရန် အတွက် မှန်ကန်တိကျသော resistance နှင့် capacitance တန်ဘိုးများ လိုအပ်ပါသည်။ ထိုသို့သော resistance နှင့် capacitance တန်ဘိုးများ မတိကျခဲ့ပါက မော်တာစတင်မောင်းနှင်ရာတွင်ဖြစ်စေ၊

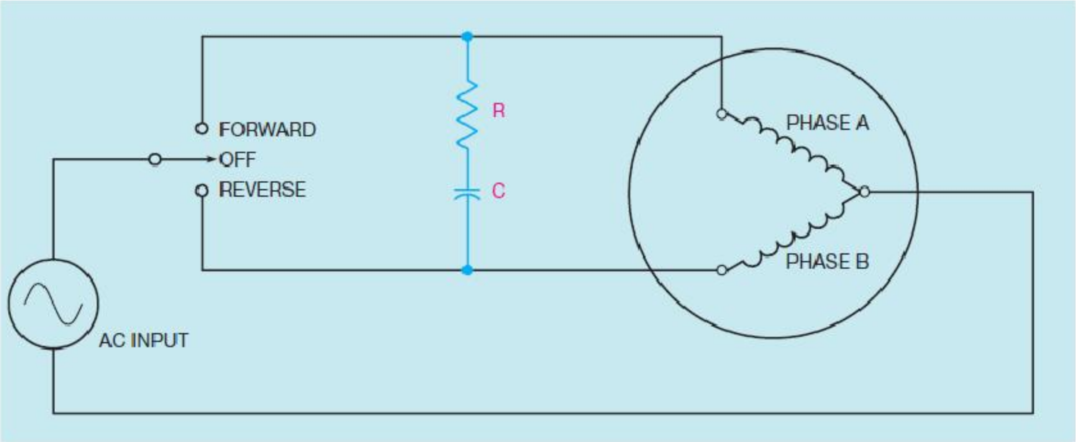
ဦးတည်ရာဖက် ပြောင်းလဲ မောင်းနှင်ရာတွင် ဖြစ်စေ၊ ဂန်အားပြောင်းလဲမှုဖြစ်သောအခါတွင် ဖြစ်စေ၊ မှားယွင်းပြီး မတည်ငြိမ်သော operation များအစရှိသည့် rotation အား random direction ဖြစ်စေနိုင်သကဲ့သို့ မော်တာစတင်မောင်းနှင်မှု မရရှိခြင်း တို့ကိုလည်း ဖြစ်စေနိုင်ပါသည်။ မှန်ကန်တိကျသော resistance နှင့် capacitance တန်ဘိုးများသည် မတူညီသော stepping motor များအတွက် တန်ဘိုးတူညီကြမည် မဟုတ်ပေ။ အသုံးပြုလိုသော တစ်စုံတစ်ရာသော stepping motor အပေါ် မူတည်ကာ ထုတ်လုပ်သူ၏ ညွှန်ကြားထောက်ပံ့မှုများအား အသုံးပြုရပါမည်။

Stepping Motor ၏ လက္ခဏာများ

Stepping motor များအား two-phase synchronous motor များအဖြစ်အသုံးပြုရာတွင် ယင်းတို့သည် ခဏအတွင်း စတင်မောင်းနှင်ခြင်း၊ ရပ်တန့်ခြင်း၊ သို့မဟုတ် ပြောင်းပြန်ဦးတည်ရာသို့ လည်ပတ်မောင်းနှင်ခြင်း တို့အား လုပ်ဆောင်နိုင်စေရပါမည်။ မော်တာသည် သုံးစွဲမောင်းနှင်သော ဗို့အား၏ ၁.၅ cycle အတွင်း စတင်မောင်းနှင် နိုင်ရမည်ဖြစ်ကာ ၅ မှ ၂၅ မီလီစက္ကန့်အတွင်း ရပ်တန့်နိုင်ရ မည်ဖြစ်ပါ သည်။ မော်တာအားမပျက်စီးစေပဲ stall ဖြစ်နေသော အခြေအနေအားလည်း ထိန်းထားနိုင် ရပါမည်။ rotor သည် အမြဲတမ်း သံလိုက်ဖြစ်ခြင်းကြောင့် rotor တွင် မည်သည့် induced current မျှ မရှိပဲ မော်တာစတင်မောင်းနှင်သောအခါတွင်လည်း မြင့်မားသော inrush current များ မဖြစ်ပေါ်နိုင်ပေ။

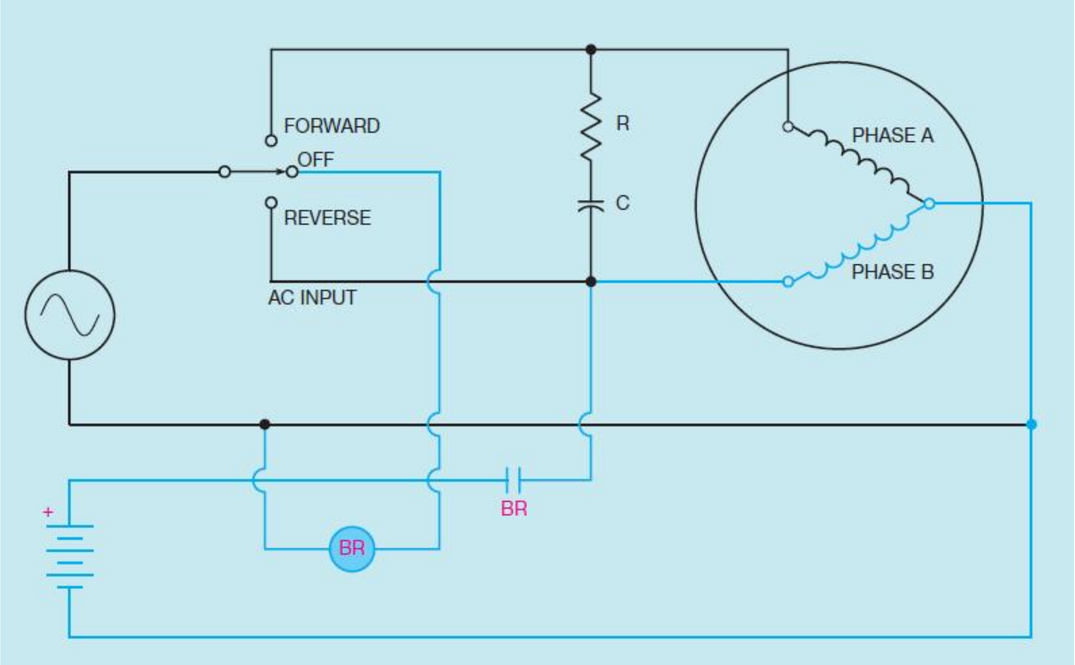


ပုံ ၃၅.၁၂ stepping မော်တာ တစ်လုံးအား တစ်စစီ ခွဲခြမ်းထားသော ပုံ



ပုံ ၃၅.၁၃ phase shift လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို အသုံးပြုကာ single-phase မှ two-phase အဖြစ် ပြောင်းလဲပုံ

starting နှင့် running တို့အတွက် လျှပ်စီးတို့သည်လည်း အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအချက်သည် မော်တာအတွက် အသုံးပြုရမည့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ပါဂါတွက်ချက်ရာတွင် အလွန်လွယ်ကူစေပါသည်။ rotor သည် အမြဲတမ်းသံလိုက်ဖြင့် တည်ဆောက်ထားသည့်အတွက် မော်တာ အား turn off လုပ်သည့်အခါတွင် holding torque အားဖြစ်စေပါသည်။ holding torque အား ပိုမိုလိုအပ်ပါက မော်တာ turned off လုပ်စဉ်တွင် winding တစ်ခုတည်းသို့ဖြစ်စေ၊ နှစ်ခုစလုံးအားဖြစ်စေ DC ဗို့အား ကို apply လုပ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းနှင့်သက်ဆိုင်သော ဥပမာ အား ပုံ ၃၅.၁၄ တွင် ပြသထားပါသည်။



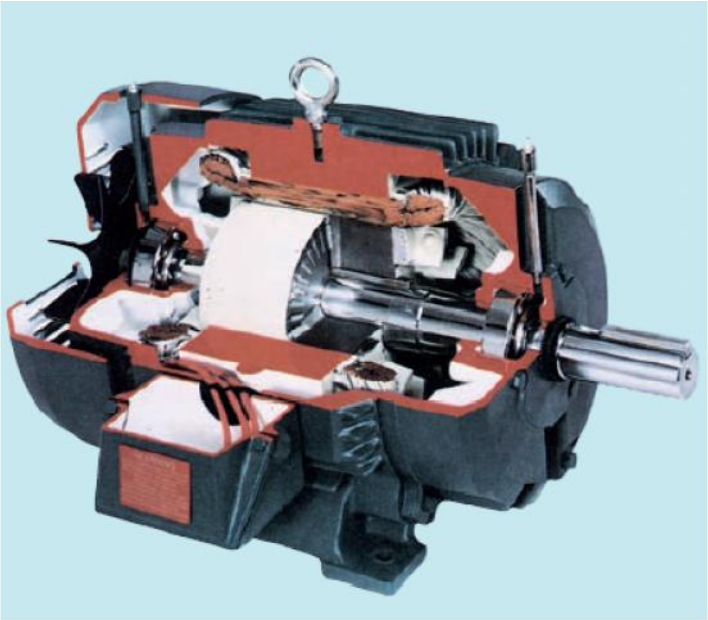
ပုံ ၃၅.၁၄ holding torque တိုးတက်လာစေရန်အတွက် DC ဗို့အားကို ပေးပုံ

DC ဗို့အား အား winding တစ်ခုအား apply လုပ်ရာတွင် holding torque သည် မော်တာ၏ rated torque ထက် ၂၀% ပိုမိုမြင့်မားပါသည်။ အကယ်၍ DC ဗို့အား အား winding နှစ်ခုစလုံးအား apply လုပ်ရာတွင် holding torque သည် မော်တာ၏ rated torque ထက် ၁.၅ အဆမျှသာ ပိုမိုမြင့်မားပါသည်။

အခန်း ၃၆

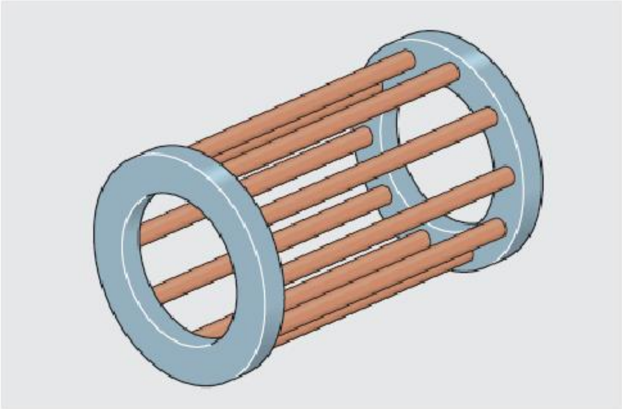
မော်တာနှင့် ယင်းတို့အား စတင်မောင်းနှင်သည့် နည်းလမ်းများ

တြိသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ်အမျိုးအစား မော်တာ (Three-phase squirrel cage motor) များသည် စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် သုံးစွဲရာတွင် လူသိများ ထင်ရှားပါသည်။ ယင်းတို့သည် အရွယ်အစားအားဖြင့် မြင်းကောင်ရေ တစ်ကောင်အား၏ အစိတ်အပိုင်းမှသည် မြင်းကောင်းရေ ထောင်ဂဏန်းမျှ ပမာဏ အထိ အရွယ်အစား များစွာရှိပါသည်။ ရှဉ့်လှောင်အိမ်အမျိုးအစား (Squirrel cage type) မော်တာများဟု အမည်တွင်ရခြင်းမှာ မော်တာတွင် တပ်ဆင်ထားသော rotor အမျိုးအစား (လည်ပတ်စေသော ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်း) ကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ ရှဉ့်လှောင်အိမ် အမျိုးအစား မော်တာ၏ rotor သည် သတ္တုဆလင်ဒါ တစ်ခုကဲ့သို့ ဖြစ်နေကာ အလယ်တွင် ဂင်ရိုး (shaft) အား ထည့်သွင်း တပ်ဆင်ထားပါသည် (ပုံ ၃၆.၁)။



ပုံ ၃၆.၁ ရှဉ့်လှောင်အိမ် အမျိုးအစား မော်တာ (Squirrel cage motor)

အလွှာ (lamination) များအား ဖယ်ရှားခဲ့ပါက rotor အား တည်ဆောက်ရာတွင် သတ္တုချောင်း (metal bar) များအား အဆုံးတစ်ဖက် တစ်ချက်စီတွင် ဆက်သွယ်တပ်ဆင်ထားသည်ကို မြင်တွေ့ရမည်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၃၆.၂)။ rotor တည်ဆောက်ရာတွင် အသုံးပြုသော သတ္တုချောင်း အမျိုးအစားသည် မော်တာ၏ အမှန်တစ်ကယ်လုပ်ဆောင်မည့် သဘာဝ (operating characteristics) အပေါ်တွင် ကြီးမားစွာ အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိပါသည်။ rotor အမျိုးအစားအား မော်တာ၏ nameplate အပေါ်တွင် ဖော်ပြထားသော code letter အားဖြင့် အမျိုးအစား ခွဲခြားနိုင်ပါသည်။ code letter များသည် A မှ V အထိ ရှိပါသည်။ National Electrical Code (NEC) ဇယား ၄၃၀.၇ (ခ) တွင် ယင်း code letter များအား စာရင်းပြုစုထားပါသည် (ပုံ ၃၆.၃)။



ပုံ ၃၆.၂ lamination အပါရှိသော squirrel cage rotor တစ်ခု၏ အခြေခံ တည်ဆောက်ပုံ

အထူးသဖြင့် ပါဂါဖြန့်ဖြူးသည့် ကုမ္ပဏီမှ ယင်းတို့ပို့လွှတ်ပေးစွမ်းနိုင်သော လျှပ်စီးပမာဏအား ကန့်သတ်ထားသောကြောင့် တစ်ခါတစ်ရံတွင် အချို့သောနေရာများ၌ မော်တာအား တပ်ဆင်ရာတွင် မော်တာစတင်မောင်းနှင်ချိန်တွင် မော်တာမှဆွဲယူသောလျှပ်စီး (inrush current) ပမာဏ မည်မျှရှိသည်ကို ကြိုတင် သိရှိဆုံးဖြတ်ထားရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း inrush current အား locked rotor current ဟုလည်း ရည်ညွှန်းကြပါသည်။ lock rotor current ဟု ခေါ်ဆိုရခြင်းမှာ power အား on ထားသော်လည်း မော်တာသည် လည်ပတ်မှုမရှိပဲ rotor သည် locked ဖြစ်နေခဲ့စဉ်တွင် စီးဆင်းစေမည့် လျှပ်စီးဖြစ်သောကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ squirrel cage မော်တာအတွက် inrush current အား ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက် မော်တာ၏ nameplate အပေါ်တွင်ရှိသော code letter အား ရှာဖွေရမည်ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာများစွာတွင် တွေ့ရှိနိုင်သော NEMA code letter နှင့် rotor code letter တို့အား မရောထွေးသင့်ပါ။ nameplate တွင် ယေဘုယျအားဖြင့် CODE ဟု ဖော်ပြကြကာ အခြားတစ်ခုကိုမူ NEMA CODE ဟု

ဖော်ပြကြပါသည်။ code letter အား ဆုံးဖြတ်ပြီးနောက်တွင် မော်တာ၏ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိနေမည့် (starting current) အား တွက်ချက်ရန် ဖြစ်နိုင်ပေပြီ။

Code letters	Kilovolt-Amperes per Horsepower with Locked Rotor
A	0 – 3.14
B	3.15 – 3.54
C	3.55 – 3.99
D	4.0 – 4.49
E	4.5 – 4.99
F	5.0 – 5.59
G	5.6 – 6.29
H	6.3 – 7.09
J	7.1 – 7.99
K	8.0 – 8.99
L	9.0 – 9.99
M	10.0 – 11.19
N	11.2 – 12.49
P	12.5 – 13.99
R	14.0 – 15.99
S	16.0 – 17.99
T	18.0 – 19.99
U	20.0 – 22.39
V	22.4 and up

ပုံ ၃၆.၃ NEC ၏ ဇယာ ၄၃၀.၇ (ခ)

ဥပမာ။

မြင်းကောင်ရေ ၂၀၀ ရှိသော three-phase squirrel cage မော်တာသည် ၄၈၀ ဗို့အားပမာဏရှိသော ပါဝါလိုင်းနှင့် ဆက်သွယ်ထားကာ ယင်း၏ code letter မှာ J ဖြစ်ပါသည်။ NEC ဇယား ၄၃၀.၇ (ခ) တွင် မော်တာ code letter ဖြစ်သော J အတွက် စာရင်းပြုစုထားသည်မှာ ၇.၁ မှ ၇.၉၉ kilovolt-ampere/horsepower ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာအတွက် အမြင့်ဆုံး starting current အတွက် မြင်းကောင်ရေပမာဏ အား ၇.၉၉ ဖြင့် မြှောက်ပေးရပါမည်။

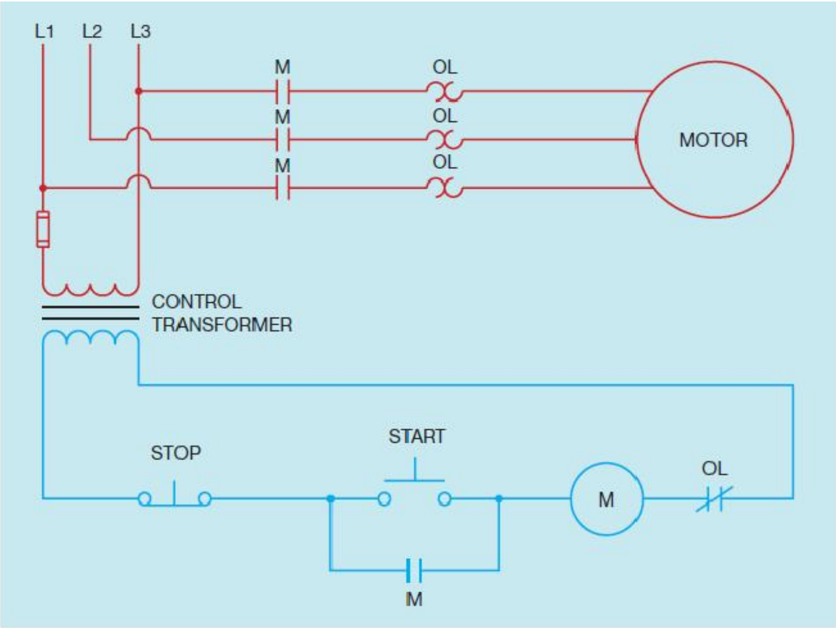
7.99 x 200Hp = 1598kVA

မော်တာသည် three-phase မော်တာဖြစ်ကာ အောက်ပါဖော်မြူလာအား အသုံးပြုကာ starting current အား တွက်ချက်ပါမည်။

$$I = \frac{VA}{E\,x\,\sqrt{3}}$$

$$I = \frac{1{,}598{,}000}{480\ x\ 1.732} = 1{,}922.15A$$

မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ခြင်းပြုလုပ်သည့် နည်းများတွင် across-the-line ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ခြင်းသည် အရိုးရှင်းဆုံးသော နည်းလမ်းဖြစ်ပါသည်။ ထိုသို့ စတင်မောင်းနှင်မှုပြုရာတွင် မော်တာအား ပါဝါလိုင်းဖြင့် တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ across-the-line နည်းဖြင့် စတင်မောင်းနှင်လိုသော မော်တာ အရွယ်အစားသည် လျှပ်စစ်ဓါတ်အားဖြန့်ဖြူးသောစနစ်မှ ရရှိနိုင်သော ပါဝါအကန့်အသတ်အပေါ်တွင် မူတည်ကာ နယ်မြေတစ်ခုနှင့် တစ်ခု မတူညီနိုင်ပေ။



ပုံ ၃၆.၄ three-phase motor တစ်လုံးအား across-the-line ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ခြင်းအတွက် အခြေခံ control လျှပ်စီးပတ်လမ်း

ကြီးမားသော စက်မှုလုပ်ငန်းနယ်မြေများတွင် မော်တာများသည် မြင်းကောင်ရေ တစ်ထောင်အထက်မျှ အထိရှိကြပြီး ယင်းတို့အား across-the-line နည်းဖြင့် အကြိမ်ပေါင်းများစွာ စတင်မောင်းနှင်မှုပြုကြပါသည်။ မြင်းကောင်ရေ တစ်ရာအောက်နိမ့်သော မော်တာများကို အသုံးပြုသည့် အချို့သောနေရာများတွင်မူ မော်တာစတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိသည့် လျှပ်စီးအား ကန့်သတ်နိုင်ရန် starter အမျိုးအစား တစ်ခုခုအား အသုံးပြုရန် လိုအပ်ပေလိမ့်မည်။ ပုံ ၃၆.၄ တွင် တြိသွင် အေစီ မော်တာတစ်လုံးအား

စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် အသုံးပြုသည့် ရိုးရှင်းသော across-the-line လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ပြသထားပါသည်။

မြင်းကောင်ရေ ကြီးမားသော မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် မကြာခဏဆိုသလို လျှပ်စစ်ဓါတ်အားစံနစ်မှ ကန့်သတ်ထားသော ပမာဏထက်ပိုလွန်သော လျှပ်စီးပမာဏ ကို လိုအပ်ပါသည်။ ထိုသို့သော အခြေအနေမျိုးတွင် in-rush လျှပ်စီးအား လျော့ချပေးနိုင်မည့် နည်းစံနစ်အချို့အား ထည့်သွင်းအသုံးပြုရန် လိုအပ်ပေမည်။ in-rush လျှပ်စီးအား လျော့ချစေနိုင်သည့် အသုံးများသော နည်းလမ်းအချို့မှာ -

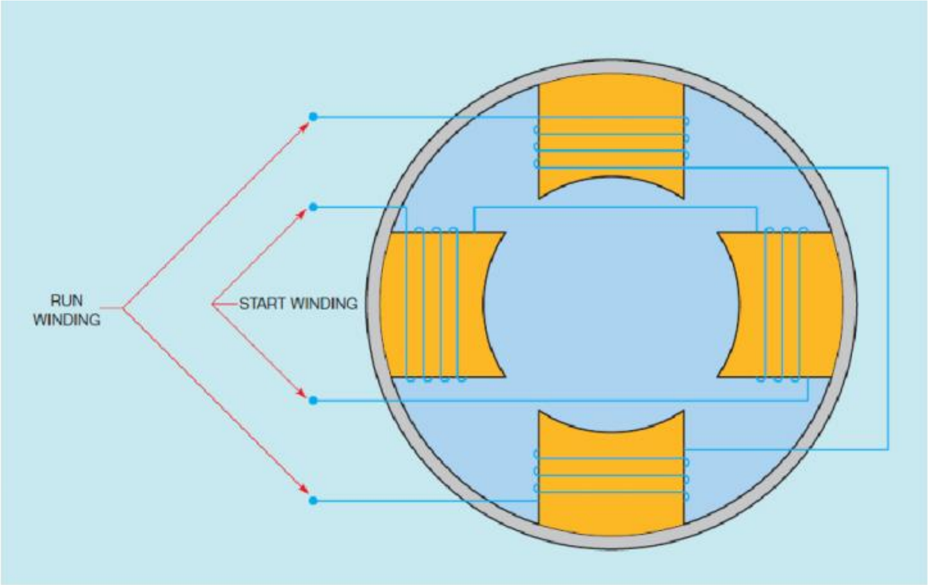
- Resistor or reactor starting
- Auto-transformer starting
- Wye-delta starting
- Part winding starting

ထိုသို့သော မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်သည့်နည်းလမ်းများအား ယခုစာအုပ်တွင် အသေးစိတ်ဆွေးနွေးပေးသွားပါမည်။ မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ချိန်တွင် ဗို့အား သို့မဟုတ် လျှပ်စီးအား လျော့ချလိုက်ခြင်းအားဖြင့် torque လည်း လျော့ကျသွားပေမည် ကိုမှတ်သားထားရပေမည်။ ဗို့အားကို ၅ဝ% မျှ လျော့ချလိုက်ပါက လျှပ်စီးသည်လည်း ၅ဝ%မျှ လျော့ကျသွားမည်ဖြစ်သော်လည်း ထိုသို့ စတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်တွင်ရှိမည့် torque သည် မော်တာအား ဗို့အားအပြည့်ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်စဉ် တွင်ဖြစ်ပေါ်လာသော torque ပမာဏ၏ ၂၅% မျှအထိ လျော့ကျသွားပေမည်။

ဓာသွင် (single phase) မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်သည့် နည်းလမ်းများ

Single phase မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်သည့် နည်းလမ်းများတွင် မော်တာ အမြင့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်း ၏ ၇၅% ရှိချိန်တွင် split-phase မော်တာ၏ start winding အား ဖြတ်တောက်ပစ်ရမည်ဖြစ်ကာ ယင်းအချက်သည် မော်တာအား line နှင့် မည်သို့ချိတ်ဆက်မှုပြုသည်နှင့် ဆန့်ကျင်ဖက်ဖြစ်နေစေပါသည်။ single phase မော်တာများသည် မြင်းကောင်ရေ အနည်းငယ်မျှသာရှိသော မော်တာများဖြစ်ကာ အားလုံးလိုလို across-the-line နည်းဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ကြပါသည်။ single phase မော်တာများတွင် အမျိုးကွဲ များစွာရှိပါသည်။ ယခုအခန်းတွင်မူ split-phase မော်တာများကိုသာ ဖော်ပြသွားမည်ဖြစ်ပါသည်။

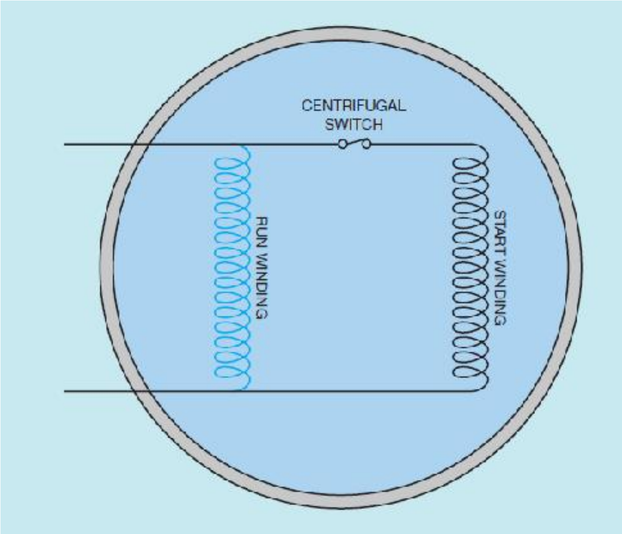
Split-phase မော်တာဟု အမည်တွင်ရခြင်းမှာ ယင်းတို့သည် stator winding တွင် rotating maganetic field ကို ထုတ်လုပ်သော သဘာဝကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ rotating magnetic field အား အသုံးပြုကာ rotor အား လည်ပတ်မှုပြုနိုင်ပြီး phase တစ်ခုတည်းဖြင့် မထုတ်လုပ်နိုင်ပေ။ rotating field အား ရရှိစေရန်အတွက် အနည်းဆုံး phase နှစ်ခု ရှိနေရပေမည်။ split-phase မော်တာများတွင် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ၉၀ ဒီဂရီစီ phase ပမာဏအားဖြင့် ကွာဟနေသော two-phase စံနစ်အနေဖြင့် လုပ်ဆောင်စေပါသည်။ ထိုသို့ရရှိစေရန် stator ၏ core အတွင်း သီးခြားဖြစ်နေသော winding နှစ်ခုအား ၉၀ ဒီဂရီစီ ကွာခြားစေရန် လုပ်ဆောင်ထားပါသည် (ပုံ ၃၆.၅)။ run winding ကိုမူ ပိုမိုကြီးမားသော ဂါယာဖြင့် ပြုလုပ်ထားကာ core material ၏ slot များ အတွင်း အတွင်းဆုံးကျသောနေရာတွင် ထားရှိပါသည်။ start winding ကိုမူ သေးငယ်သော ဂါယာဖြင့် ပြုလုပ်ထားကာ core material ၏ slot များအတွင်း အပေါ်ဖက်ကျသော နေရာအနီးတွင် ထားရှိပါသည်။ ထို့ကြောင့် run winding သည် ပိုမိုခုခံမှု နည်းပါးကာ start winding ထက်စာလျှင် inductance ပိုများပါသည်။



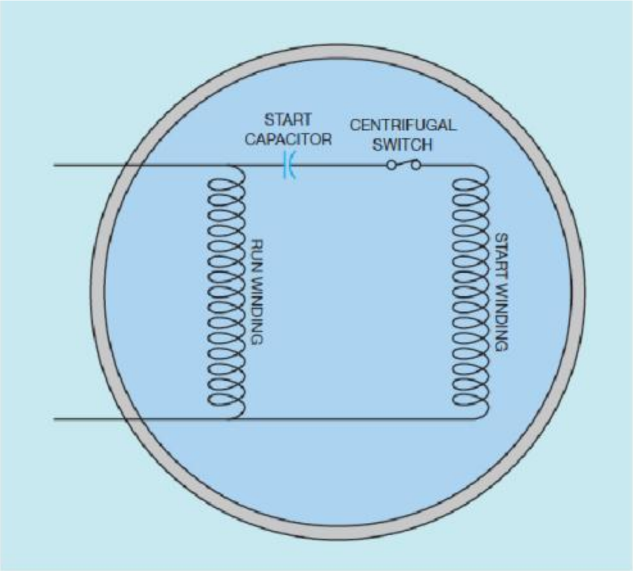
ပုံ ၃၆.၅ start winding နှင့် run winding တို့အား တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားပုံ

မော်တာအား စတင်မောင်းနှင်သည့်အခါတွင် ယင်း winding နှစ်ခုစလုံးတို့သည် ပုံ ၃၆.၆ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း အပြိုင်ဖြစ်နေပါသည်။ run winding တွင် inductive reactance ရှိနေကာ start winding ထက် ခုခံမှု နည်းပါးသည့်အတွက် run winding အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးသည် start winding အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီး နှင့်ယှဉ်လျှင် ဗို့အား အားဖြင့် နောက်ကျနေကာ

ယင်း လျှပ်စီး နှစ်ခုစလုံးအတွက် phase အခြေအနေအားဖြင့် ဆန့်ကျင်ဖက်အနေအထားကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ယင်း phase အခြေအနေ ဆန့်ကျင်ဖက်ဖြစ်မှုသည် rotating magnetic field ကိုဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။



ပုံ ၃၆.၆ run winding နှင့် start winding တို့အား တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားပုံ



ပုံ ၃၆.၇ starting capacitor သည် run winding လျှပ်စီးနှင့် start winding လျှပ်စီးတို့အကြားတွင် ၉၀ ဒီဂရီ phase shift ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။

ထိုသို့သော split-phase မော်တာအား resistance start မော်တာဟု ခေါ်ကြကာ run winding အတွင်းရှိလျှပ်စီးနှင့် start winding အတွင်းရှိ လျှပ်စီးတို့အကြားတွင် phase ထောင့်အားဖြင့် ၃၅ ဒီဂရီ မှ

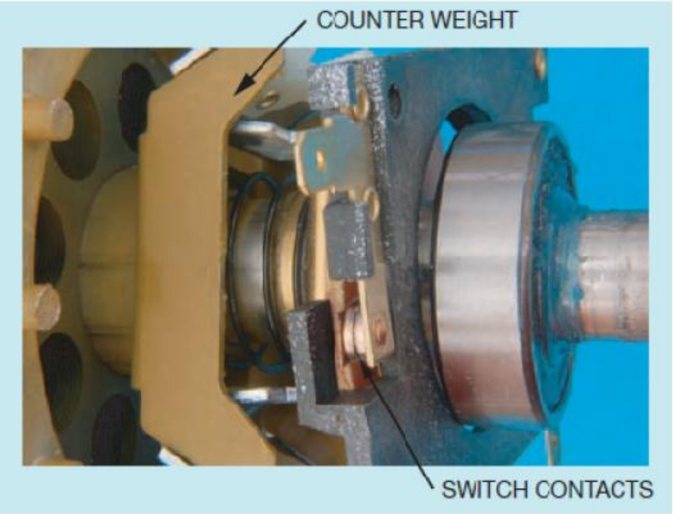
၄၀ ဒီဂရီမျှ ရရှိစေပါသည်။ phase ထောင့်သည် ၉၀ ဒီဂရီမရှိသော်လည်း မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ရန် အတွက် လုံလောက်သော rotating magnetic field ကို ထုတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ rotor လည်ပတ်မှုသည် အမြင့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်း၏ ၇၅% သို့ရောက်ရှိသောအခါတွင် start winding အား ဖြတ်တောက်ကာ energized ဖြစ်ပြီးဖြစ်သော run winding တစ်ခုတည်းဖြင့်သာ မော်တာအား ဆက်လက်မောင်းနှင်စေ ပါသည်။

Resistance start မော်တာများသည် start winding နှင့် run winding အတွင်း စီးဆင်းသော လျှပ်စီးတို့သည် ၃၅ ဒီဂရီ မှ ၄၀ ဒီဂရီ အတွင်း phase shift ရှိရုံမျှဖြင့် စတင်မောင်းနှင်သော်လည်း ထုတ်လုပ်သည့် starting torque မှာမူ အားနည်းပေသည်။ starting torque အမြင့်ဆုံးအခြေအနေကိုမူ start winding နှင့် run winding တို့၏ လျှပ်စီးများသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ၉၀ ဒီဂရီစီ phase ကွာဟမှုဖြစ်နေသောအချိန်တွင် ရရှိနိုင်ပါသည်။ အချို့သော မော်တာများတွင် ထိုသို့သော အခြေအနေမျိုး ရရှိစေရန် အတွက် အေစီအီလထရိုလိုက်တစ် ကက်ပစီတာ တစ်လုံးအား start winding နှင့် တန်းဆက် ဆက်ကာ တပ်ဆင်အသုံးပြုပါသည် (ပုံ ၃၆.၇)။ ကက်ပစီတာမှ capacitive reactance သည် start winding လျှပ်စီးအား ဗို့အားထက် စောစေကာ start winding လျှပ်စီးနှင့် run winding လျှပ်စီးအကြားတွင် ၉၀ ဒီဂရီ phase shift ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။

Rotating magnetic field ကို ရရှိစေရန် မည်သည့်နည်းလမ်းကို အသုံးပြုသည်ဖြစ်စေ၊ ယင်းမော်တာ တို့၏ start winding တို့အား မော်တာအမြင့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်း၏ ၇၅% ရောက်ရှိချိန်တွင် ပါဝါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်ပစ်ရမည်ဖြစ်ပေသည်။ ထိုသို့ မဖြတ်တောက်ခဲ့ပါက start winding ပျက်စီးသွားနိုင်ပေသည်။

ဗဟိုခွာအား ခလုပ် (centrifugal switch)

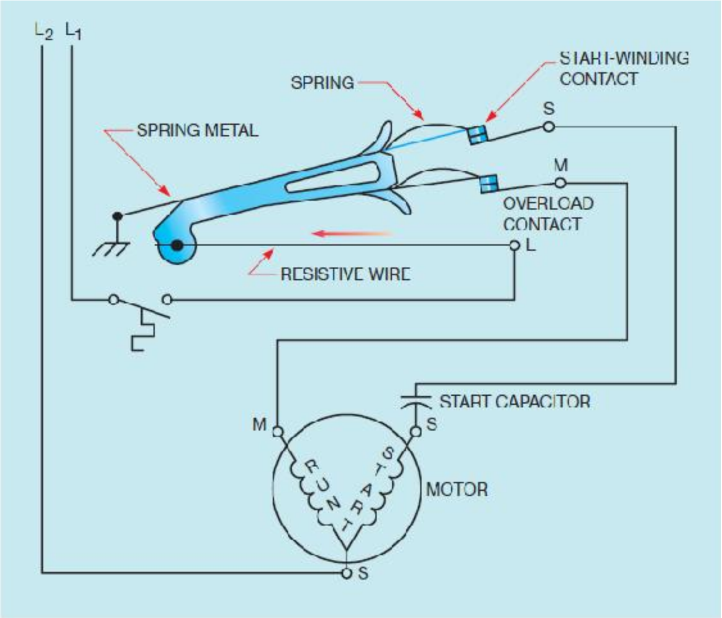
Split-phase မော်တာများအား open အနေအထားဖြင့် လုပ်ဆောင်နိုင် နေစေရန်အတွက် centrifugal switch အား rotor ၏ ဝင်ရိုးတွင် တွဲဖက်တပ်ဆင်သုံးစွဲခြင်းအားဖြင့် ရရှိစေပါသည် (ပုံ ၃၆.၈)။ centrifugal switch အား စပရင်အားသွင်းချိတ်ထားသော counter weights ဖြင့် operate လုပ်စေပါသည်။ rotor သည် တစ်စုံတစ်ရာသော လည်ပတ်နှုန်းကို ရောက်ရှိသောအခါတွင် counter weights သည် spring အား overcome ဖြစ်စေခြင်းအားဖြင့် ခလုပ်အား open ဖြစ်သွားစေကာ starting winding အား ပါဝါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်ပေးပါသည်။



ပုံ ၃၆.၈ Centrifugal Switch

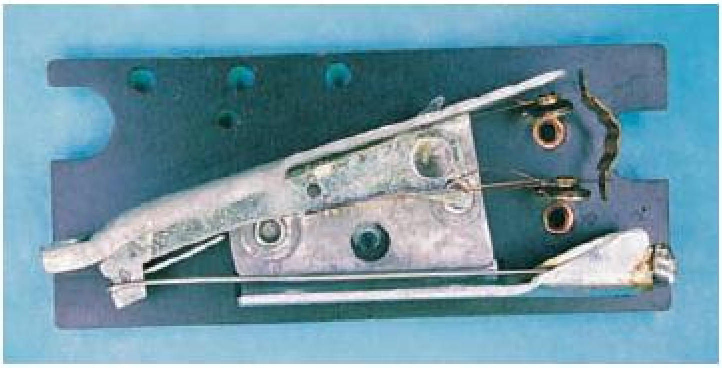
Hot-Wire Starting Relay

Centralfugal switch များအား split-phase မော်တာများအားလုံးလိုလိုတွင် အသုံးပြုနိုင်သည်တော့ မဟုတ်ပေ။ အအေးခန်းသုံး နှင့် လေအေးပေးစက်များ သို့မဟုတ် submerged pump များတွင် အသုံးပြုသော မော်တာများသည် အလုံပိတ်မော်တာများဖြစ်ကြကာ ယင်းတို့သည် start winding အား ဖြတ်တောက်ရန်အတွက် အချို့သော နည်းလမ်းများအား အသုံးပြုကြပါသည်။



ပုံ ၃၆.၉ Hot-wire relay အား တပ်ဆင်ထားပုံ

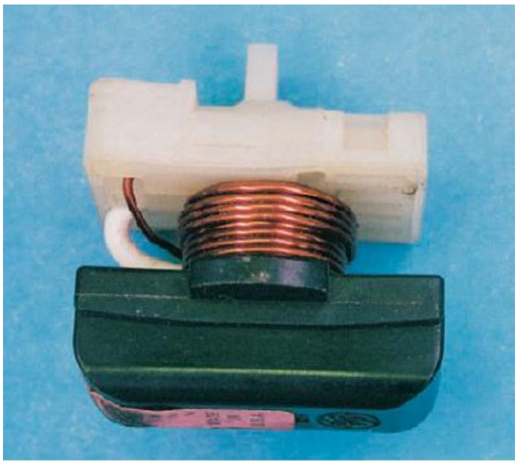
hot-wire relay အား ယခုအခါတွင် အလွန်အသုံးနည်းသွားပြီဖြစ်သော်လည်း အချို့သော သက်ကြီးယူနစ်များတွင်မူ ဆက်လက်အသုံးပြုနေဆည်း ရှိသေးသည်ကို တွေ့ရပါသည်။ hot-wire relay တို့ကို starting relay နှင့် overload relay အဖြစ် နှစ်မျိုးစလုံး အသုံးပြုလုပ်ဆောင်နိုင်ပေသည်။ ပုံ ၃၆.၉ တွင်ပြထားသည့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် မော်တာ၏ လုပ်ဆောင်မှုအား thermostat ဖြင့် ထိန်းချုပ်ထားသည်ကို မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။ thermostat သည် close ဖြစ်သွားချိန်တွင် လျှပ်စီးသည် ခုခံမှုရှိနေသော ဂါယာနှင့် မော်တာ၏ start နှင့် run winding တို့၏ normally closed ဖြစ်လျှက်ရှိသော contact နှစ်ခုတို့ တစ်လျောက် စီးဆင်းပါသည်။ မော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ် လျှပ်စီးသည် မြင့်မားသောကြောင့် ခုခံမှုရှိနေသော ဂါယာအား လျှင်မြန်စွာ အပူဖြစ်ပေါ်စေကာ ကျယ်ပြန့်ထွက်စေပါသည်။ ထိုသို့ကျယ်ပြန့်ထွက်မှုသည် spring ဖြင့် load လုပ်ထားသော start winding ၏ contact အား open ဖြစ်စေကာ start winding အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ အဆက်ဖြတ်စေခြင်းအားဖြင့် မော်တာလျှပ်စီးအား လျော့ကျစေပါသည်။ မော်တာသည် ဝန်အားပိုဖြစ်မနေခဲ့ပါက ခုခံမှုရှိနေသော ဂါယာသည် overload contact အား open ဖြစ်သွားစေနိုင်လောက်သော အခြေအနေထိ ပူလာစရာ မရှိပဲ မော်တာသည် ဆက်လက် မောင်းနှင်နေပေမည်။ မော်တာသည် ဝန်အားပို (overload) ဖြစ်နေခဲ့ပါက ခုခံမှု ရှိနေသော ဂါယာသည် လုံလောက်စွာ ပူလာပြီးနောက် ကျယ်ပြန့်လာကာ overload contact အား open ဖြစ်စေခြင်းအားဖြင့် မော်တာအား လျှပ်စစ်ဓါတ်အား ပေးပို့သော လိုင်းမှ ဖြတ်တောက်ပြစ်လိုက်ပေမည် (ပုံ ၃၆.၁၀)။



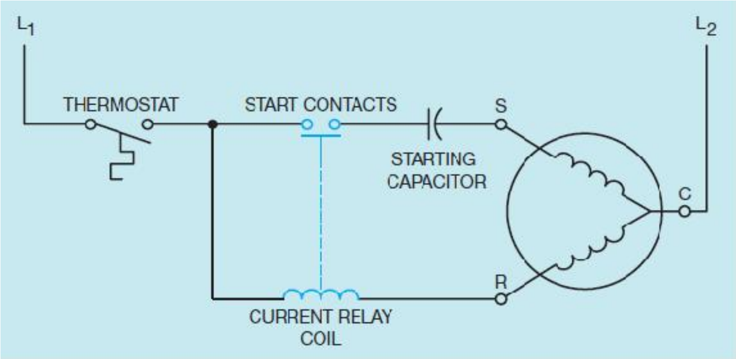
ပုံ ၃၆.၁၀ Hot-wire အမျိုးအစား starting relay

Current Relay

Current relay တို့သည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း စီးဆင်းသော လျှပ်စီးပမာဏ အား အာရုံခံခြင်းအားဖြင့် လုပ်ဆောင်ပါသည်။ ယင်းကဲ့သို့သော relay တို့သည် သတ္တုအား ကျယ်ပြန့်စေသည့် လုပ်ဆောင်ပုံသဘာဝ အစား သံလိုက်စက်ကွင်းသဘာဝအားဖြင့် လုပ်ဆောင်ကြပါသည်။ current relay တွင် ပိုမိုကြီးမားသောဂါယာဖြင့် ပတ်ထားသော အပတ်ရေအနည်းငယ်သာပါရှိသည့် ကွိုင်ထုတ်တစ်ခုနှင့် normally open ဖြစ်နေသော contact များ တစ်စုံ (ပုံ ၃၆.၁၁) ပါရှိပါသည်။ relay ၏ ကွိုင်သည် မော်တာ၏ run winding နှင့် ဆက်ထားကာ contact များမှမှ start winding နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားကြပါသည် (ပုံ ၃၆.၁၂)။



ပုံ ၃၆.၁၁ Current type – starting relay

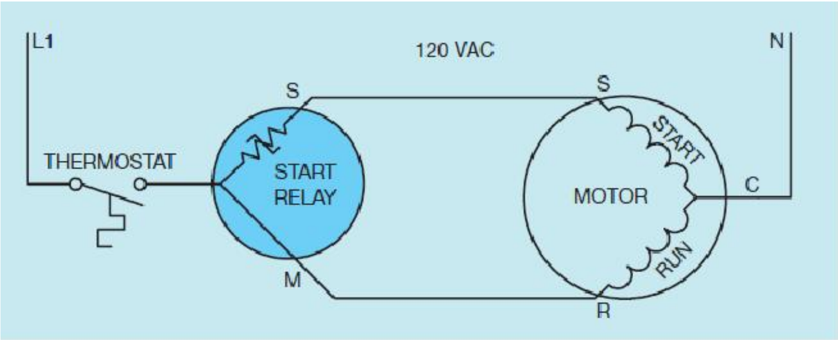


ပုံ ၃၆.၁၂ Current relay တပ်ဆင်ပုံ

thermostat contact သည် close ဖြစ်သည်နှင့် run winding သို့ ပါဝါရောက်ရှိစေပါသည်။ start winding သည် open ဖြစ်နေသေးသည့်အတွက် မော်တာသည် စတင်လည်ပတ်နိုင်ခြင်းမရှိသေးပေ။ ယင်းအချက်ကြောင့် relay ကွိုင်တွင် သံလိုက်စက်ကွင်းကို ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သော မြင့်မားသောလျှပ်စီးကို စီးဆင်းစေကာ normally open ဖြစ်နေသော contact များအား close ဖြစ်စေကာ start winding အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ မော်တာ စတင်မောင်းနှင်သည်နှင့် run winding အတွင်းရှိသောလျှပ်စီးသည် သိသိသာသာလျော့ကျလာကာ start contact များအား ပြန်လည်ကာ open ဖြစ်စေပြီး start winding အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖြတ်တောက်ပေးပါသည်။

Solid-State Starting Relay

Solid-State Starting Relay များသည် current relay များနေရာတွင် အလျှင်အမြန် အစားထိုး နေရာယူလာကြပြီဖြစ်ပါသည်။ solid-state relay များတွင် thermistor ကဲ့သို့သော solid-state ပစ္စည်းကို အသုံးပြုထားကာ ပွန်းပဲ့ သို့မဟုတ် လောင်ကျွမ်းစေသော လှုပ်ရှားနေသော အစိတ်အပိုင်းများလည်း မပါရှိပေ။ thermistor တို့သည် တစ်စုံတစ်ရာသော အပူချိန်သို့ရောက်ရှိစဉ်တွင် ခုခံမှု အလျှင်အမြန်ပြောင်းလဲစေသော သဘာဝရှိပေသည်။ ထိုသို့သော thermistor တို့တွင် ခုခံမှုနှင့်ပတ်သက်၍ positive coefficient ရှိကာ အပူချိန်တိုးလာသည်နှင့် ခုခံမှုသည်လည်း တိုးတက်လာမည်ဖြစ်ပါသည်။ ပုံ ၃၆.၁၃ တွင် solid-state starting relay တစ်ခုအား ဆက်သွယ်မှုပြုထားပုံကို ဖော်ပြထားပါသည်။



ပုံ ၃၆.၁၃ solid-state starting relay လျှပ်စီးပတ်လမ်း

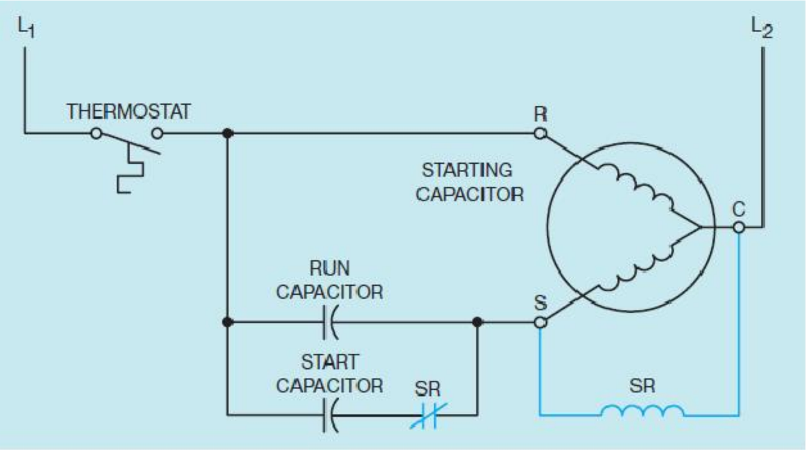
လျှပ်စီးပတ်လမ်းသို့ ပါဝါပေးပို့လိုက်စဉ်တွင် thermistor ၏ ခုခံမှုသည် ၃ သို့မဟုတ် ၄ အုမ်းမျှ အတန်ငယ်နိမ့်နေကာ လျှပ်စီးသည်လည်း start နှင့် run winding များထံသို့ စီးဆင်းပေမည်။ thermistor

အတွင်းသို့ လျှပ်စီး စီးဆင်းခြင်းကြောင့် ယင်း၏ အပူချိန်သည်လည်း တိုးလာပေမည်။ အပူချိန်သည် လုံလောက်သော အနေအထားသို့ မြင့်တက်လာသောအချိန်တွင် thermistor ၏ ခုခံမှုသည် နိမ့်နေရာမှ ရုတ်တရက် မြင့်သော အခြေအနေသို့ မြင့်တက်သွားခြင်းကြောင့် start winding လျှပ်စီးသည် ၃၀ မှ ၅၀ မီလီအမ်ပီယာမျှလောက်သို့ လျော့ကျသွားပေမည်။ ယင်းအချက်သည် start winding အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖြတ်တောက်စေသော အကျိုးသက်ရောက်မှုကို ဖြစ်စေပါသည်။ အနည်းငယ်မျှသော ယိုစိမ့်လျှပ်စီး ဆက်လက်စီးဆင်းနေသော်လည်း မော်တာ၏ လုပ်ဆောင်မှုအား အကျိုးသက်ရောက်မှု မရှိပေ။ ယင်းသို့သော ယိုစိမ့်လျှပ်စီးသည် thermistor ၏ အပူချိန်အား ထိန်းထားခြင်းအားဖြင့် မော်တာလုပ်ဆောင်နေစဉ်တွင် ခုခံမှု နိမ့်ပါးသော အခြေအနေသို့ မရောက်ရှိစေရန် လုပ်ဆောင်ပေးပါသည်။ မော်တာရပ်တန့်သွားသောအခါတွင် ၂ မိနစ်မှ ၃ မိနစ်မျှအတွင်း အေးသွားစေနိုင်ကာ thermistor အား မူလ ခုခံမှု နိမ့်ပါးသော အခြေအနေသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိသွားစေနိုင်ပါသည်။

Potential Starting Relay

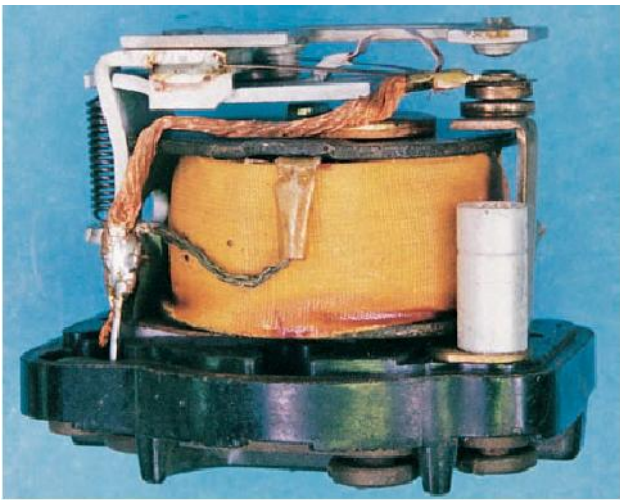
Potential starting relay တို့အား capacitor start-capacitor run သို့မဟုတ် permanent-split capacitor အစရှိသော split-phase မော်တာ အမျိုးအစားများတို့တွင် အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းသို့သော မော်တာများသည် start winding အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖြတ်တောက်မှု မပြုကြပေ။ start winding သည် ဆက်လက်ကာ energize ဖြစ်နေသေးသည့်အတွက် ယင်း၏ လုပ်ဆောင်မှုသည် two phase မော်တာတစ်လုံး လုပ်ဆောင်နေသည်နှင့် အလားသဏ္ဍာန်တူနေပေသည်။ ယင်းသို့သော မော်တာ အားလုံးတို့တွင် run capacitor သည် start winding နှင့် တစ်ချိန်လုံး ဆက်သွယ်ထားလျှက်ရှိပါသည်။ ယင်းမော်တာများတွင် ဒုတိယ capacitor တစ်လုံးအား မော်တာ စတင်မောင်းနှင်မည့်အချိန်တွင်သာ အသုံးပြုရန် တပ်ဆင်ထားကြပါသည်။ ယင်း capacitor အား မော်တာအမြင့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်း၏ ၇၅% မျှရောက်သောအချိန်တွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖြတ်တောက်ပြစ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ open case မော်တာများတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် centrifugal switch အား ထိုသို့လုပ်ဆောင်ရာတွင် အသုံးပြု သော်လည်း hermetically sealed မော်တာများတွင်မူ potential starting relay အား အသုံးပြုကြပါသည် (ပုံ ၃၆.၁၄)။ potential relay တို့သည် မော်တာ မောင်းနှင်နေစဉ် start winding တွင် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဗို့အားပမာဏ တိုးလာမှုအား အာရုံခံကာ လုပ်ဆောင်ပါသည်။ relay ၏ ကွိုင်သည် မော်တာ၏ start winding နှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ normally close ဖြစ်နေသော SR contact သည် starting

capacitor နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာအား ပါဝါလိုင်းနှင့်ချိတ်ဆက်လိုက်သောအခါတွင် run နှင့် start winding နှစ်ခုစလုံးတို့သည် energize ဖြစ်သွားပါသည်။ ထိုအချိန်တွင် run နှင့် start capacitor တို့သည် start winding လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။



ပုံ ၃၆.၁၄ potential relay တစ်ခုအား တပ်ဆင်ပုံ

Stator ၏ လည်ပတ်သံလိုက်စက်ကွင်းသည် မော်တာ၏ rotor တွင် လျှပ်စီးကိုဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ rotor စတင်လည်ပတ်သည်နှင့် သံလိုက်စက်ကွင်းကြောင့် start winding တွင် ဗို့အားတစ်ခုအား ဖြစ်ပေါ်စေကာ winding တွင် ဗို့အားကို တိုးမြင့်လာစေပါသည်။ potential relay ၏ ကွိုင်သည် starting winding နှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားသည်ဖြစ်ရာ တိုးလာသောဗို့အားသည် ယင်းထံသို့ သက်ရောက်စေခြင်းကြောင့် starting capacitor နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားသော normally closed ဖြစ်နေသော contact အား open ဖြစ်စေခြင်းအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ starting capacitor အား disconnect ဖြစ်စေပါသည် (ပုံ ၃၆.၁၅)။



ပုံ ၃၆.၁၅ potential starting relay

အခန်း ၃၇

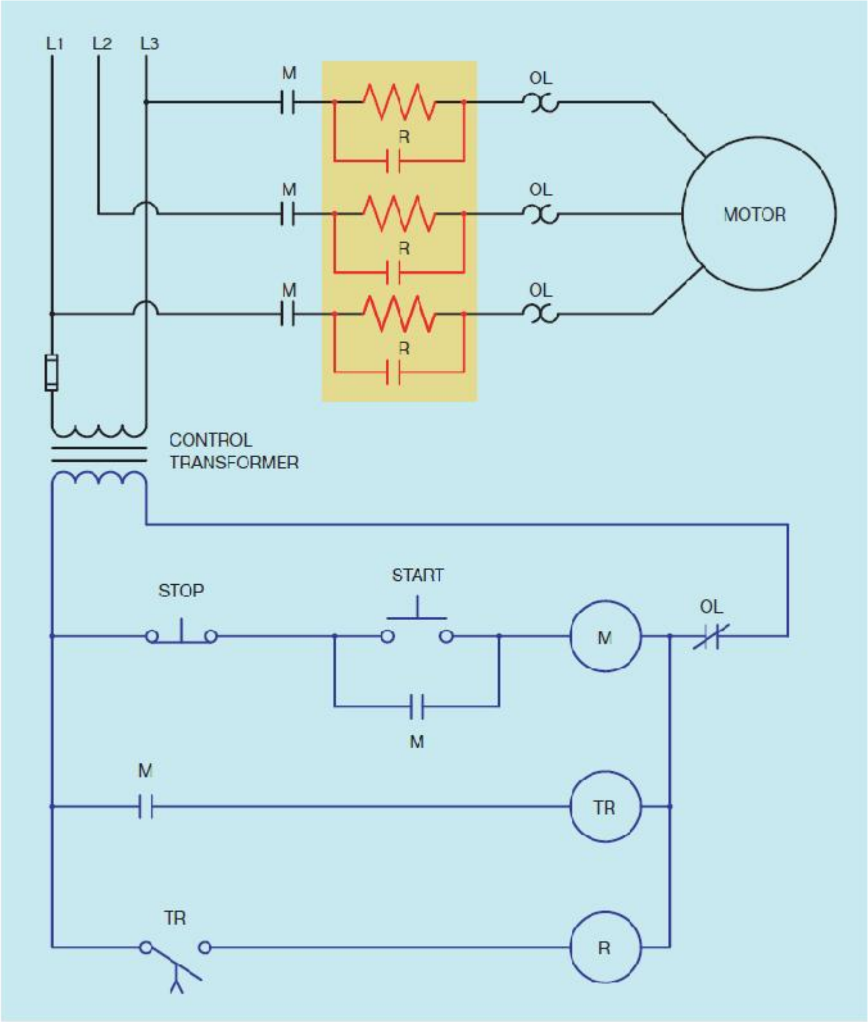
Resistor နှင့် Reactor အသုံးပြုကာ AC မော်တာ အား စတင် မောင်းနှင်ခြင်း

မော်တာတစ်လုံးအား စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် မြင့်မားသော starting လျှပ်စီးနှင့် မြင့်မားသော torque တို့ကြောင့် across-the-line နည်းဖြင့် စတင်မောင်းရန် မဖြစ်နိုင်သော အခြေအနေမျိုးများ ရှိပါသည်။ အချို့သော ဓါတ်အားစံနစ်တို့သည် မြင်းကောင်ရေမြင့်မားလွန်းသော မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ရန် အတွက် မြင့်မားသော အစဦး လျှပ်စီးကို ထုတ်လုပ်ပေးနိုင်ရန် မစွမ်းသာပေ။ ထိုသို့သော အခြေအနေတွင် စတင်မောင်းနှင်စဉ်ရှိမည့်လျှပ်စီးအား လျှော့ချနိုင်မည့် အချို့သော နည်းလမ်းများအား အသုံးပြုပေးရပေမည်။ အသုံးများသော နည်းလမ်းနှစ်ခုမှာ resistor starting နှင့် reactor starting တို့ဖြစ်ကြပါသည်။ ယင်းသို့သော နည်းလမ်း နှစ်ခုစလုံးတို့သည် အလွန်သဏ္ဍာန်တူညီကြသော်လည်း မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည့် လျှပ်စီးပမာဏအား လျှော့ချရန် အသုံးပြုသော နည်းလမ်းမှာမူ ကွဲပြားပေသည်။

Resistor Starting

Resistor Starting ကို resistor များအား မော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ် အချိန်ပိုင်းအတွင်း မော်တာနှင့် တန်းဆက် ဆက်ကာ ဆက်သွယ်ထားခြင်းဖြင့် ရရှိပါသည် (ပုံ ၃၇.၁)။ start button အား ဖိနှိပ်လိုက်စဉ်တွင် မော်တာ startor coil ဖြစ်သော M သည် energized ဖြစ်ကာ M contact အားလုံးအား close လုပ်လိုက်ပေမည်။ M contact သုံးခုစလုံးသည် မော်တာနှင့် resistor များအား ပါဝါလိုင်းနှင့် ဆက်သွယ်မှု ရရှိစေပါသည်။ resistor များသည် မော်တာနှင့် တန်းဆက် ဆက်နေသည့်အတွက်ကြောင့် ယင်းတို့သည် inrush current အား ကန့်သတ်ပေးမည်ဖြစ်ပါသည်။ coil TR နှင့် တန်းဆက်ဆက်ထားသော M auxiliary contact သည် close ဖြစ်ခြင်းကြောင့် timer သည် ယင်းလုပ်ဆောင်ရမည့် အချိန်ရေတွက်မှုအား စတင်လုပ်ဆောင်ပါသည်။ အချိန်ပိုင်းတစ်ခု ပြီးဆုံးသွားသောအခါ time contact ဖြစ်သော TR သည် close ဖြစ်သွားကာ contactor R အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းကြောင့်

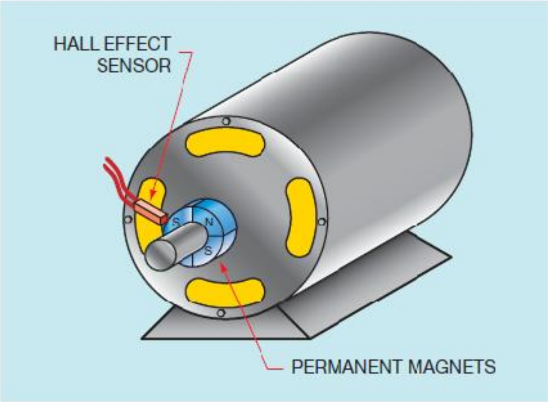
resistor များနှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားသော R contact သုံးခုစလုံးတို့အား close ဖြစ်စေပါသည်။ R contact များသည် resistor များအား shunt သဖွယ်ဖြစ်နေစေကာ အပြင်လိုင်းသဖွယ်ဖြစ်နေစေပြီး မော်တာသည် ပါဂါအပြည့်အစုံကို ဆက်သွယ် ရရှိစေပါသည်။



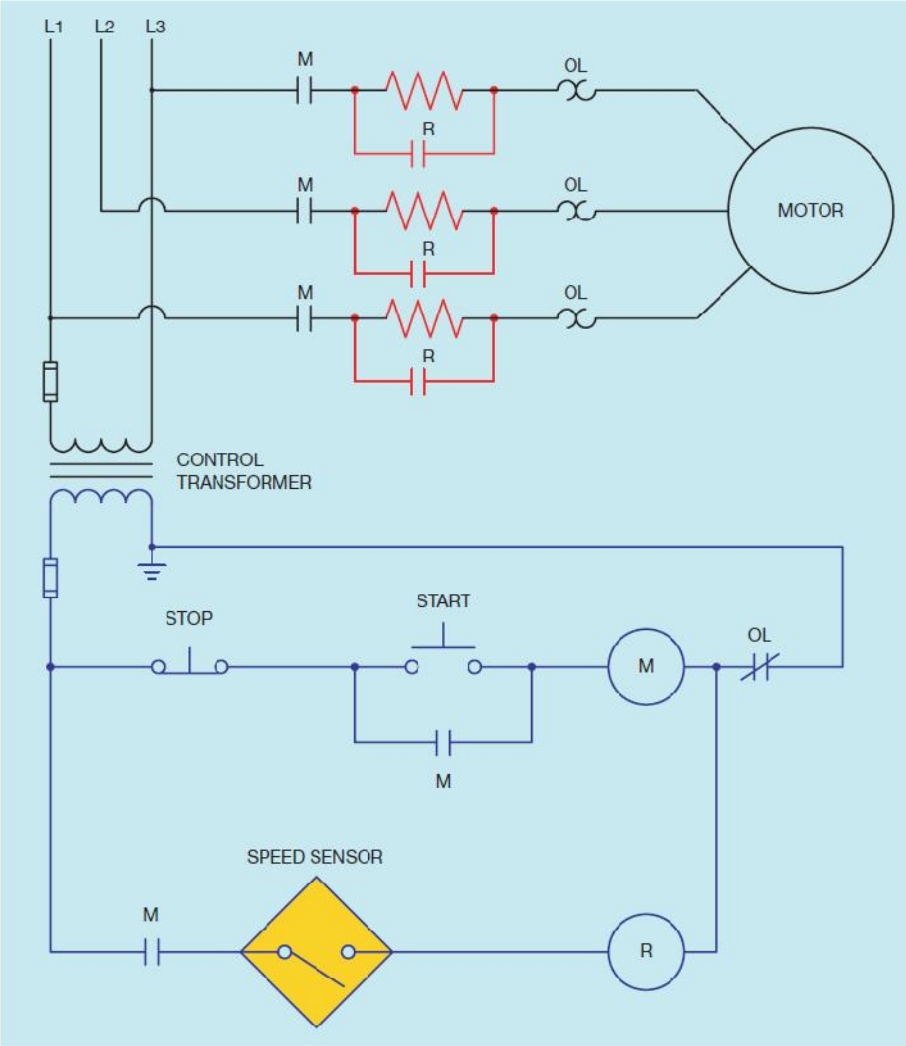
ပုံ ၃၇.၁ မော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် Resistor များအား တန်းဆက် ဆက်သွယ်ထားပုံ

ပုံ ၃၇.၁ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် time delay ကို အသုံးပြုကာ resistor များအား အချိန်ပိုင်းတစ်ခုပြီးတစ်ခု shunt သဖွယ် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်းမှ ထုတ်ပယ်ပါသည်။ နှောင်းချိန် (time delay) အသုံးပြုခြင်းသည် လူသိများထင်ရှားသော ရိုးရှင်းပြီး ကုန်ကျစားရိတ်လည်း မကြီးသော နည်းလမ်းတစ်ခုဖြစ်ကာ မည်သည့်အချိန်တွင် မော်တာအား ပါဂါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်ရမည်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်သော်လည်း ယင်း နည်းလမ်းတစ်ခုတည်းသာ အသုံးပြုရန်ရှိသည် မဟုတ်ပေ။ အချို့သော

control လျှပ်စီးပတ်လမ်းတို့သည် မော်တာလည်ပတ်နှုန်းကို အာရုံခံစစ်ဆေးပြီးနောက် မည်သည့်အချိန်တွင် resistor များအား ပါဂါလိုင်းမှ shunt ဖြင့် ဖယ်ထုတ်ပေးရမည်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးပါသည် (ပုံ ၃၇.၂)။

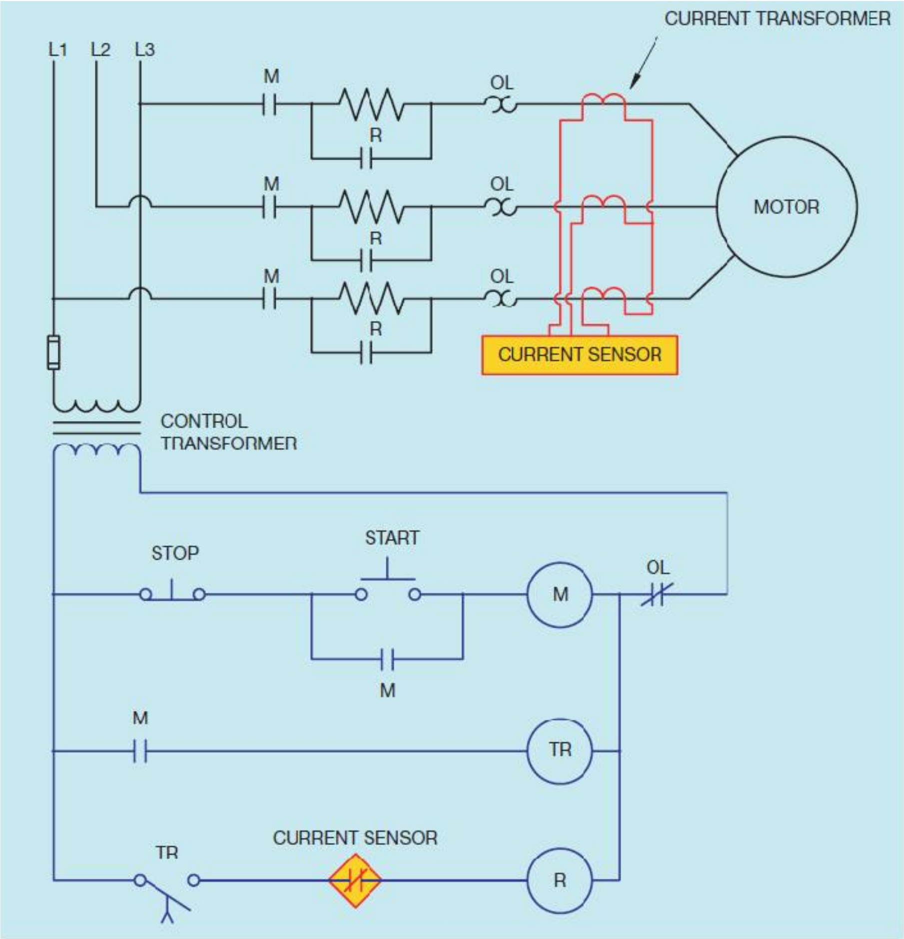


ပုံ ၃၇.၂ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား Hall Effect Sensor အသုံးပြုကာ ဆုံးဖြတ်ပုံ



ပုံ ၃၇.၃ speed sensor ကို အသုံးပြုကာ resistor များအား လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ shunt သဘာဝအားဖြင့် ဖယ်ထုတ်ပုံ

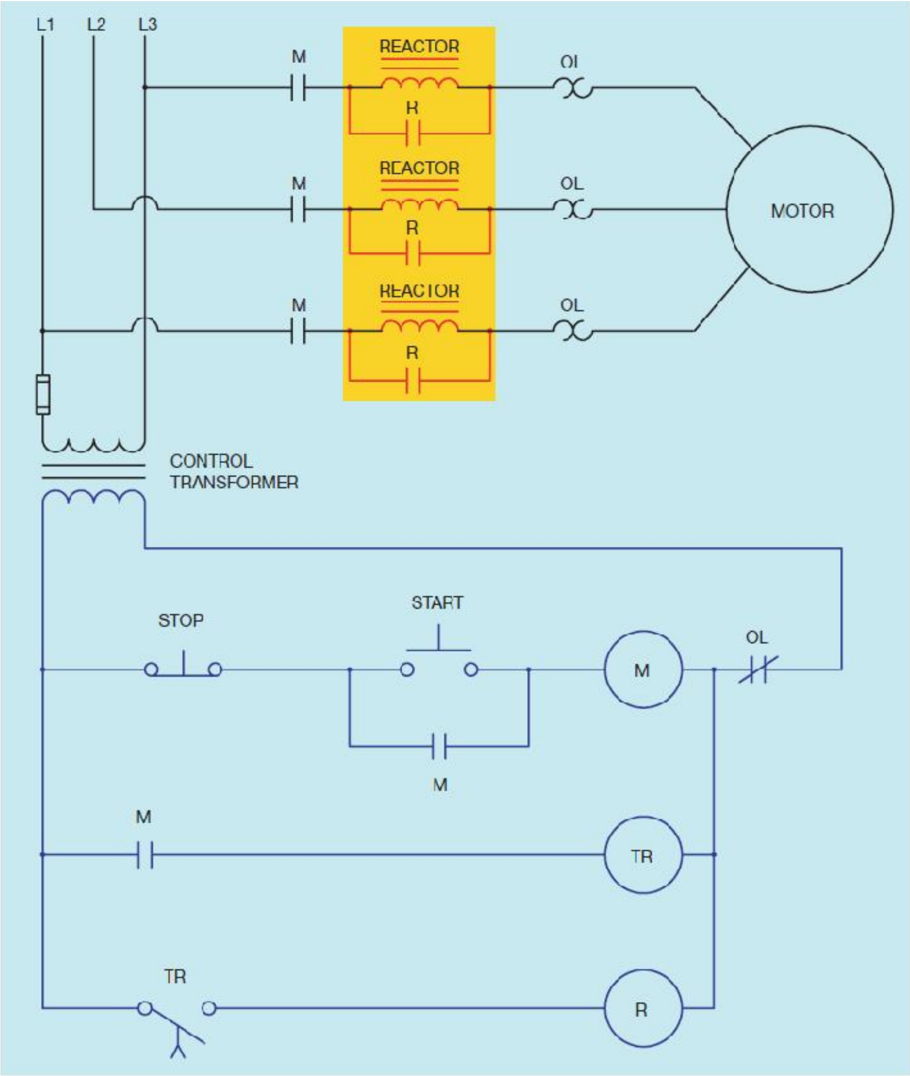
ပြထားသော ပုံ ၃၇.၂ တွင် အမြဲတမ်းသံလိုက်များနှင့် Hall effect sensor တို့အား မော်တာဝင်ရိုးတွင် တပ်ဆင်ထားပြီး မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းသည် မူလကြိုတင်သတ်မှတ်ထားသော အဆင့်သို့ ရောက်ရှိပြီးပါက contactor R သည် energize ဖြစ်ကာ resistor များအား shunt များဖြင့် ပါဝါလိုင်းမှ ဖယ်ထုတ်ပေးလိုက်ပါသည် (ပုံ ၃၇.၃)။



ပုံ ၃၇.၄ resistor များအား line မှ shunt သဘာဝဖြင့် ဖယ်ထုတ်လိုက်ခြင်းအား current sensor ဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပေးပုံ

Resistor များအား shunt သဘာဝအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖယ်ထုတ်နိုင်သည့် အခြားသော နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ မော်တာ၏ လျှပ်စီးအား အာရုံခံမှုပင်ဖြစ်ပါသည်။ current transformer အား အသုံးပြုကာ မော်တာ၏ လျှပ်စီးပမာဏအား အာရုံခံ တိုင်းတာပါသည် (ပုံ ၃၇.၄)။ ထိုသို့သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် လျှပ်စီးကို အာရုံခံသော contact များတို့သည် normally closed ဖြစ်လျက်ရှိပါသည်။ မော်တာစတင်လည်ပတ်သော အခါတွင် မြင့်မားသော လျှပ်စီးတို့သည် အာရုံခံကရိယာ၏ contact

များအား open ဖြစ်စေပါသည်။ on-delay timer တစ်ခုသည် contactor coil R မှ energize မဖြစ်မီတွင် မော်တာစတင်လည်ပတ်နိုင်ရန်အတွက် လုံလောက်သော time delay ကို ရရှိစေပါသည်။ ယင်း timer အား ယေဘုယျအားဖြင့် အလွန်တိုတောင်းသော time delay အတွက်သာ set လုပ်ထားကြပါသည်။ မော်တာလည်ပတ်နှုန်းတိုးလာသည်နှင့်အမျှ လျှပ်စီးသည်လည်း လျော့ကျသွားပေမည်။ မော်တာလျှပ်စီးသည် လုံလောက်သော အခြေအနေအထိလျော့ကျသွားချိန်တွင် လျှပ်စီးကို အာရုံခံသော contact သည် re-close ဖြစ်ပြီးနောက် contact R အား energize ဖြစ်စေပါသည်။



ပုံ ၃၇.၅ မော်တာစတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် Reactors (Chokes) များသည် မော်တာလျှပ်စီးကို ကန့်သတ်ပေးပုံ

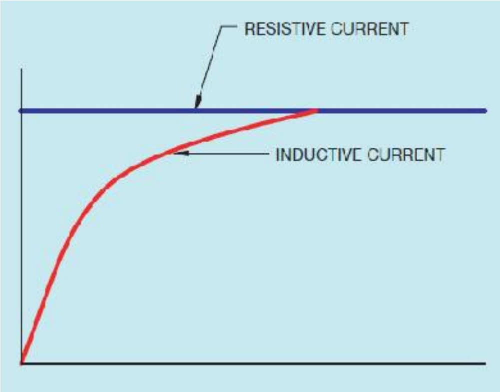
Reactor Starting

Reactor starter သည် inrush current ကို ကန့်သတ်ရန်အတွက် resistor နေရာတွင် reactor သို့မဟုတ် choke coils အား အသုံးပြုထားကာ resistor starting နှင့် အခြေခံလုပ်ဆောင်ချက် တူညီသည့် control တစ်ခုပင်ဖြစ်ပါသည်။ reactor များသည် inrush current အား ကန့်သတ်ရာတွင် resistance အစား inductive reactance အားဖြင့် ကန့်သတ်မှုကို လုပ်ဆောင်ပါသည်။ reactor အသုံးပြုသော inductive လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ယင်း၏ exponential လျှပ်စီး မြင့်တက်ချိန်သဘာဝကြောင့် လျှပ်စီးစီးဆင်းမှုအား ကန့်သတ်မှုပြုသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအဖြစ် အကျိုးဖြစ်ထွန်းစေပါသည်။ resistive လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင်မူ လျှပ်စီးသည် Ohm's Law အတိုင်း လျှပ်စီးတန်ဘိုး အပြည့်အား အလျှင်အမြန် ရရှိစေပါသည်။ inductive လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင်မူ လျှပ်စီးသည် exponential ထပ်ညွှန်းကိန်း တန်ဘိုးတစ်ခုအားဖြင့်သာ မြင့်တက်ပေမည် (ပုံ ၃၇.၆)။ ယင်းကဲ့သို့ exponential ထပ်ညွှန်းကိန်း တန်ဘိုးအတိုင်း မြင့်တက်သော အချိန် ကြောင့် inrush current တို့အား လျော့ချနိုင်ပေသည်။

Step-Starting

အချို့သော resistor နှင့် reactor တို့သည် စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် အဆင့် (step) များစွာကို အသုံးပြုပါသည်။ ထိုသို့ ရရှိစေရန် resistor သို့မဟုတ် reactor တို့အား tap များခွဲထားခြင်းဖြင့် မတူကွဲပြားသော resistance သို့မဟုတ် reactance တန်ဖိုးများအား ရရှိစေပါသည် (ပုံ ၃၇.၇)။ start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် M load contact များသည် close ဖြစ်သွားကာ မော်တာ နှင့် inductor များတို့အား ပါဂါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ M auxiliary contact သည်လည်း close ဖြစ်သွားကာ timer TR1 အား စတင်စေပါသည်။ နှောင်းချိန် time delay တစ်ခု လွန်မြောက်ပြီးနောက် TR1 contact သည် close ဖြစ်သွားခြင်းကြောင့် S1 ကွိုင်အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းအချက်သည် တန်းဆက်ဆက်ထားသော inductor တစ်ဂက်အား shunt သဘာဂအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖယ်ထုတ်လိုက်ခြင်းဖြစ်ကာ မော်တာနှင့် ချိတ်ဆက်ထားသော inductive reactance အား လျော့ကျစေပါသည်။ မော်တာလျှပ်စီး တိုးလာသည်နှင့် မော်တာလည်ပတ်နှုံးသည်လည်း တိုးလာပေမည်။ S1 auxiliary contact သည် close ဖြစ်သွားသည်နှင့် တစ်ချိန်တည်း timer TR2 ၏ အချိန်စတင်ရေတွက်မှုအား စတင်လုပ်ဆောင်စေပါသည်။ TR2 contact သည် close ဖြစ်သွားသောအခါတွင် contator S2 သည် energize ဖြစ်သွားကာ inductance အားလုံးတို့အား

လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ shunt သဘာဝ အားဖြင့် ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါသည်။ ယခုအခါတွင် မော်တာသည် ပါဂါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်လိုက်ပြီဖြစ်ပါသည်။ အချို့သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတို့သည် စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် လိုအပ်မှုအပေါ်တွင်မူတည်ကာ step များစွာကို အသုံးပြုကြပါသည်။



ပုံ ၃၇.၆ Inductive လျှပ်စီးပတ်လမ်းများတွင် လျှပ်စီးသည် exponential နှုန်းဖြင့် မြင့်တက်ပုံ

အခန်း ၃၈

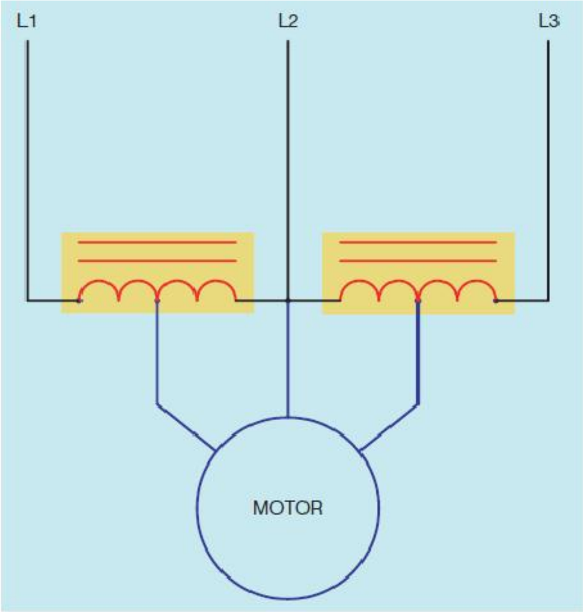
Autotransformer အသုံးပြုကာ မော်တာ အား စတင် မောင်းနှင်ခြင်း

Autotransformer တို့သည် မော်တာတစ်လုံးအား စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် မော်တာသို့ပေးပို့သော ဗို့အားကို လျှော့ချပေးခြင်းအားဖြင့် inrush current ပမာဏအား လျှော့ကျစေပါသည်။ များစွာသော Autotransformer တို့တွင် လိုင်းဗို့အား အား ၅၀%၊ ၆၅% နှင့် ၈၀% ဟူ၍ထားရှိနိုင်စေရန် tap များ ပါရှိပါသည်။ မော်တာထံသို့ ပေးပို့သော ဗို့အားကို လျှော့ချလိုက်ခြင်းသည် inrush current အား လျှော့ကျစေရုံမျှမက မော်တာ၏ torque ကိုလည်း လျှော့ကျစေပါသည်။ မော်တာအား ယင်း၏ နဂိုမူလဗို့အားပမာဏ၏ ၅၀% ကိုသာ ပေးလိုက်ပါက inrush current သည်လည်း ၅၀% လျှော့ကျသွားပေမည်။ ယင်းအခြေအနေတွင် torque တန်ဖိုးသည် မော်တာအား ဗို့အားအပြည့်ဖြင့် ချိတ်ဆက်သုံးစွဲနေသည့်အခြေအနေ၏ ၂၅% သို့ လျှော့ကျသွားပေမည်။ အကယ်၍ tap အနေအထား ၅၀% ထားရှိချိန်တွင် မော်တာ၏ torque သည် ဝန်အား (load) ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ရန် လုံလောက်ခြင်းမရှိပါက အခြားသော tap အနေအထားများဖြစ်သည့် ၆၅% နှင့် ၈၀% တို့အား ရွေးချယ် သုံးစွဲ ရရှိနိုင်ပေမည်။

Autotransformer များအား ယေဘုယျအားဖြင့် ရှဉ့်လှောင်အိမ်အမျိုးအစား မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ရန်အတွက် အသုံးပြုကြပါသည်။ wound rotor အမျိုးအစား မော်တာများနှင့် synchronous မော်တာများတို့သည် ယေဘုယျအားဖြင့် ထိုကဲ့သို့သော starter အား အသုံးပြုလေ့မရှိပေ။ Autotransformer starter များအား inductive အမျိုးအစား ဝန်အား (load) များအတွက် အသုံးပြုမည် ဆိုပါက မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်အတွင်း ပါဝါဖက်တာအပေါ်တွင် အကျိုးသက် ရောက်မှုရှိ ပေမည်။

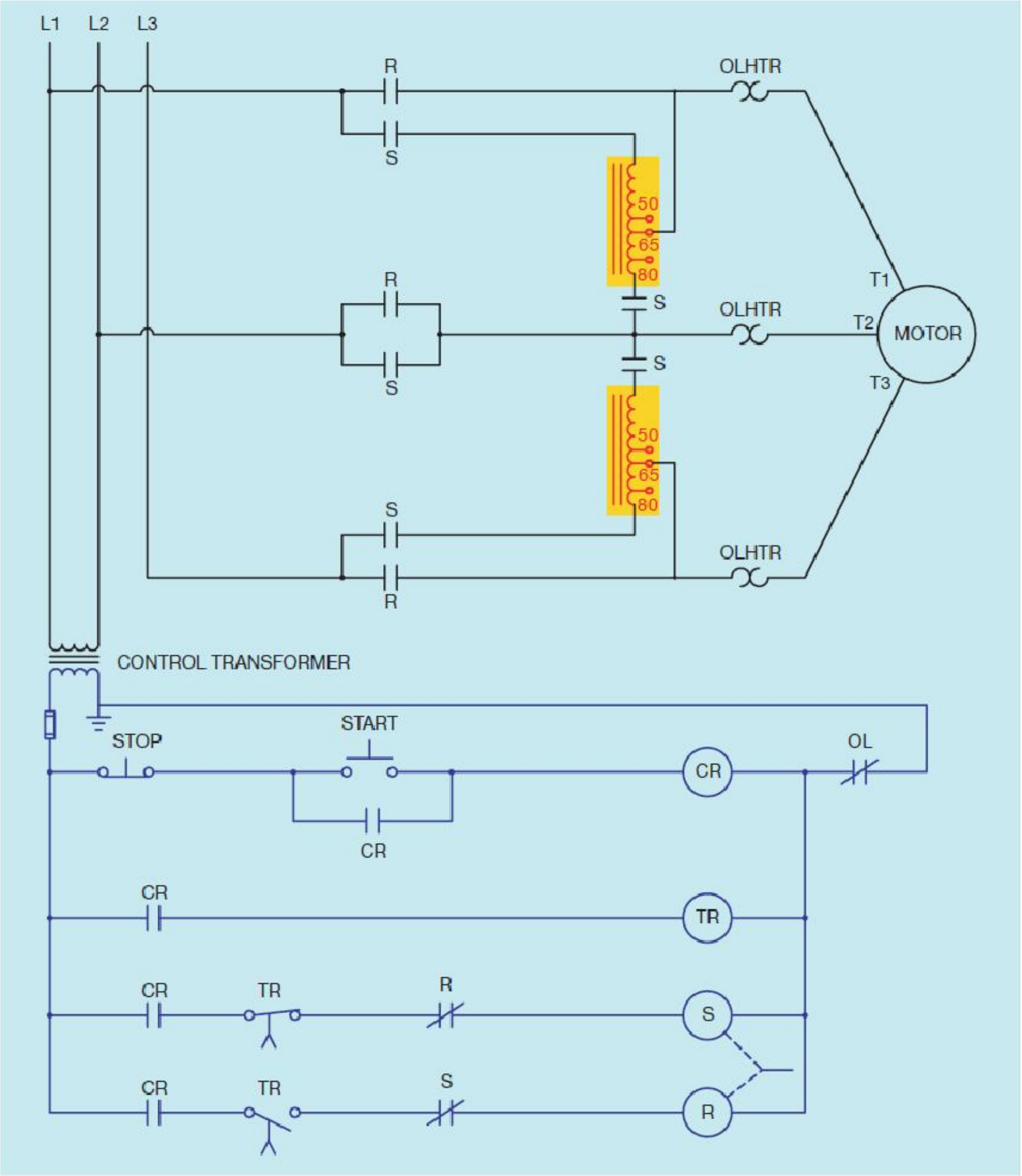
များသောအားဖြင့် Autotransformer starter များသည် transformer နှစ်လုံးအား open-delta အနေအထားမျိုးဖြင့် တပ်ဆင်သုံးစွဲကြကာ မော်တာလည်ပတ်မှု အရှိန်ရနေစဉ်ကာလအတွင်း မော်တာသို့ ပေးပို့သော ဗို့အားကို လျှော့ချထားနိုင်ရန်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၃၈.၁)။ စတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန် အတွင်း

မော်တာအား Autotransformer မှ ဗို့အားလျှော့ချထားသော tap များဖြင့် ချိတ်ဆက်ကာ မောင်းနှင်မှုပြုပါသည်။ မော်တာလည်ပတ်မှု အရှိန်တဖြေးဖြေးရရှိလာကာ ပုံမှန်လည်ပတ်နှုန်း၏ ၇၅% သို့ရောက်ရှိသည်နှင့် မော်တာအား ဗို့အား အပြည့်ဖြင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ ထိုသို့သော အမျိုးအစားတွင် အသုံးပြုသော time delay starter တစ်ခုအား ပုံ ၃၈.၂ တွင် ပြသထား ပါသည်။



ပုံ ၃၈.၁ transformer များအား open-delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပုံ

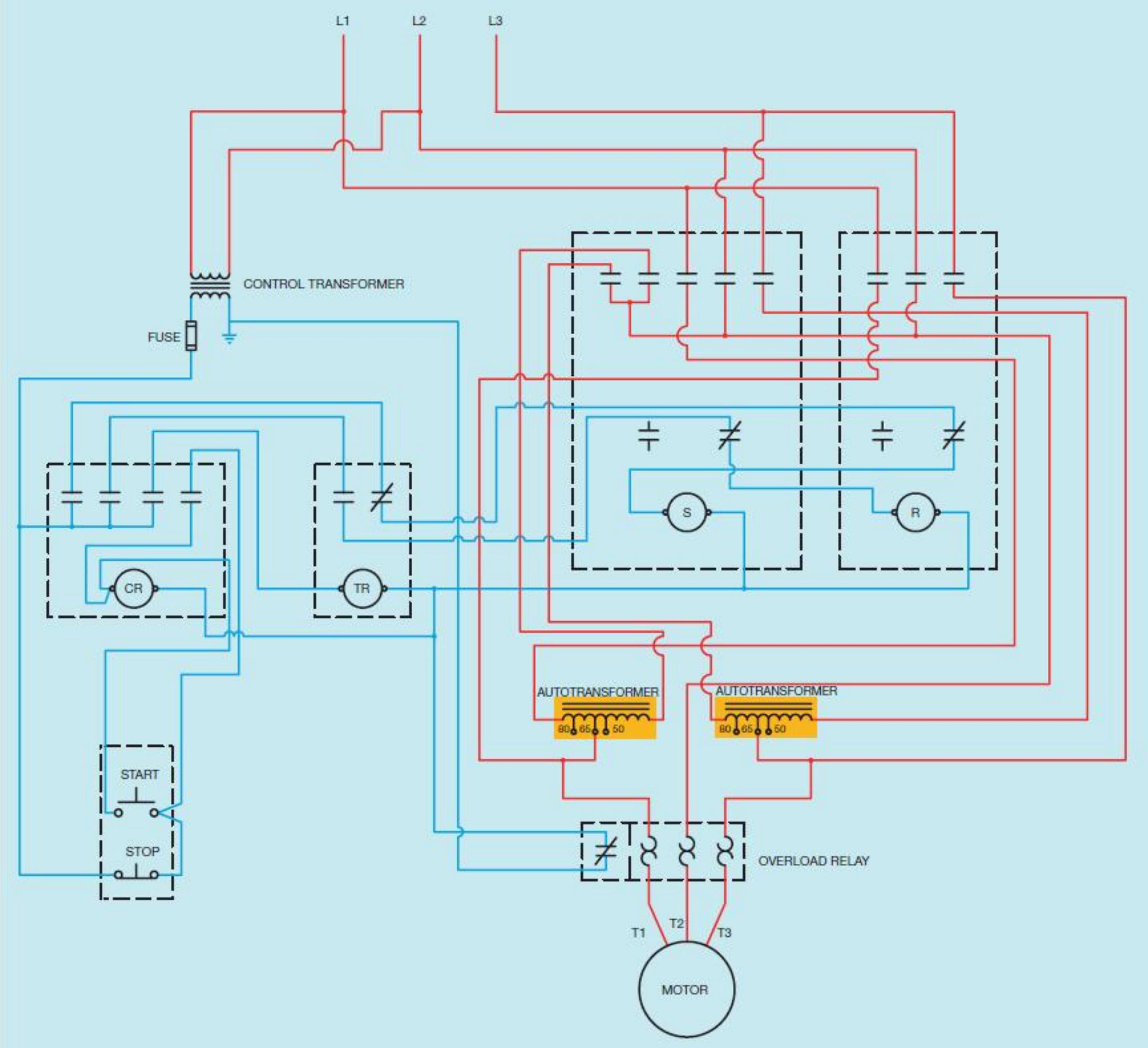
Autotransformer starter နှင့်ပတ်သက်၍ ပိုမိုရှင်းလင်းစွာ နားလည်သဘောပေါက် စေရန် ပုံ ၃၈.၂ အား ရည်ညွှန်းမှုပြုနိုင်ပါသည်။ start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် control relay CR ၏ ကွိုင်သည် လျှပ်စီးပတ်လမ်း ပြည့်သွားခြင်းကြောင့် CR contact များအားလုံးအား close ဖြစ်စေပါသည်။ contact တစ်ခုကို CR ကွိုင်အတွက် start button အား ဖိထားခြင်းမှ လွှတ်လိုက်သောအခါတွင် hold လုပ်ထားနိုင်ရန် အသုံးပြုပါသည်။ အခြားတစ်ခုမှာမူ timer TR ၏ ကွိုင်အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းပြည့်စေသည့်အတွက် အချိန်စတင်ရေတွက်ခြင်းကို စတင်လုပ်ဆောင်ပါသည်။ CR contact နှင့် တန်းဆက်ဆက်ထားသော normally closed ဖြစ်နေသော TR contact သည် (start) contactor S ၏ ကွိုင် အား ပါဝါရောက်ရှိစေပါသည်။ စတုတ္ထမြောက် CR contact သည် normally open ဖြစ်နေသော အချိန်သတ်မှတ်ထားသည့် TR contact သည် close ဖြစ်သွားချိန်တွင် (run) contactor R အား ပါဝါရရှိစေပါသည်။



ပုံ ၃၈.၂ Autotransformer starter တို့သည် starting ပြုလုပ်ရာတွင် အခြားသော reduced voltage starter တို့နှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက လျှပ်စီး တစ်အမ်ပီယာအတွက် ရရှိနိုင်သော starting torque ပမာဏ ကို ပိုမိုမြင့်မားစွာ ရရှိစေပါသည်။ ပုံတွင် အချိန်ဖြင့် control လုပ်သော Autotransformer တစ်လုံးအား ပြသထားပါသည်။

Contactor S ၏ ကွိုင်သည် energize ဖြစ်သည်နှင့် S contact များအားလုံးအား အနေအထားပြောင်းသွား စေပါသည်။ normally closed ဖြစ်နေကာ R ကွိုင်နှင့် တန်းဆက် ဖြစ်နေသော သော S contact တို့သည် open ဖြစ်သွားကာ S နှင့် R contactor များအား တစ်ချိန်တည်းတွင် အမြဲတစ်စေ energize ဖြစ်ခြင်းမှ

တားဆီးကာကွယ်ပေးပါသည်။ ယင်းသို့ပြုလုပ်ခြင်းသည် reversing starter များအတွင် အသုံးပြုသော interlocking နည်းနှင့် တူပါသည်။ load contact S တို့သည် close ဖြစ်သွားသောအခါတွင် မော်တာသည် Autotransformer မှ တစ်ဆင့် ပါဂါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ Autotransformer တို့သည် လိုင်းဗို့အား၏ ၆၅% ကိုသာ မော်တာထံသို့ ပေးပို့ပါသည်။ ယင်းသို့ ဗို့အားလျှော့ချကာ ပေးပို့သောကြောင့် မော်တာ စတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်တတ်သော inrush current တို့အား နည်းပါးစေသကဲ့သို့ မော်တာအတွက် စတင်မောင်းနှင်စဉ် ရှိမည့် torque ကိုလည်း လျော့ကျစေပါသည်။



ပုံ ၃၈.၃ စံပြ Autotransformer starter တစ်လုံး၏ ဂါယာသွယ်တန်းမှုကိုပြသော ပုံ

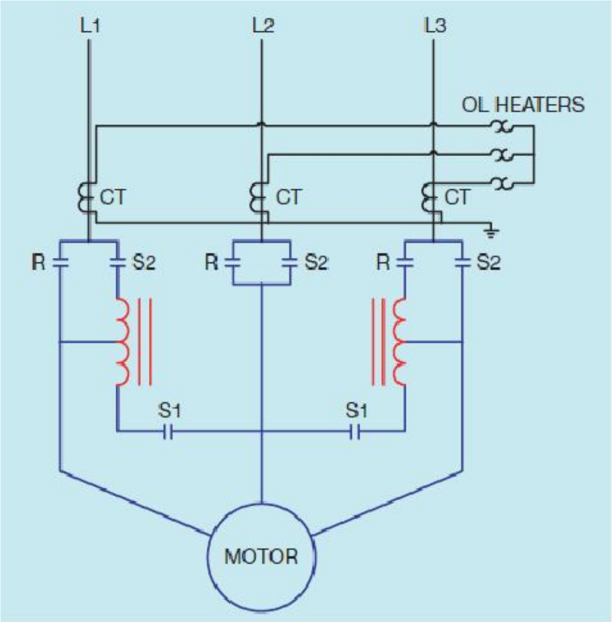
Timer TR ၏ အချိန်ရေတွက်မှုသည် ပြီးပြည့်သွားသည်နှင့် TR contact နှစ်ခုစလုံးတို့သည် အနေအထား ပြောင်းသွားပါသည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် close ဖြစ်နေသော TR contact သည် open ဖြစ်သွားကာ contactor S အား ပါဝါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်ပေးကာ S contact အားလုံးတို့အား ယင်းတို့၏ မူလအခြေအနေသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိစေပါသည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် open ဖြစ်နေသော TR contact တို့သည် close ဖြစ်သွားကာ ယခုအချိန်တွင် close လုပ်ပြီးဖြစ်သော S contact မှ တဆင့် ကွိုင် R ထံသို့ ပါဝါရောက်ရှိစေပါသည်။ contactor R သည် energize ဖြစ်ပြီးနောက် R contact အားလုံးတို့သည် အနေအထားပြောင်းသွား ပါသည်။ ကွိုင် S နှင့် တန်းဆက် ဆက်သွယ်ထားသော normally closed ဖြစ်နေသော R contact များတို့သည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် interlock ဖြစ်စေပါသည်။ load contact R တို့သည် close ဖြစ်သွားပြီးနောက် မော်တာထံသို့ ဗို့အား အပြည့်ချိတ်ဆက်ရရှိစေပါသည်။

Stop button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် control relay CR သည် de-energize ဖြစ်သွားပြီးနောက် CR contact များအားလုံးအား open ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းကြောင့် အခြားသော ပါဝါလိုင်းမှ control လုပ်ထားသော အစိတ်အပိုင်းများအားလုံးတို့သည် အဆက်ပြတ်သွားကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် ယင်း၏ မူလအနေအထားသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိသွားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ဂါယာဆက်သွယ်မှုကို ပြသော ပုံကို ပုံ ၃၈.၃ တွင် မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။

Open and Closed Transition Starting

Open transition starting အား size 5 နှင့် ယင်းအောက် ငယ်သော starter များတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် အသုံးပြုကြပါသည်။ Open transition ဆိုသည်ကို အရှင်းဆုံး ဆိုရသော် start contactor သည် open ဖြစ်ချိန်နှင့် run contactor သည် close ဖြစ်သွားစဉ်တွင် မော်တာသည် ပါဝါလိုင်းမှ ပြတ်တောက်သွားသော တိုတောင်းသော အချိန်အပိုင်းအခြားလေးကို ဆိုလိုပါသည်။ ပုံ ၃၈.၂ နှင့် ၃၈.၃ တို့သည် open transition starter တစ်ခုအား ဥပမာပေးဖော်ပြမှုများဖြစ်ပါသည်။

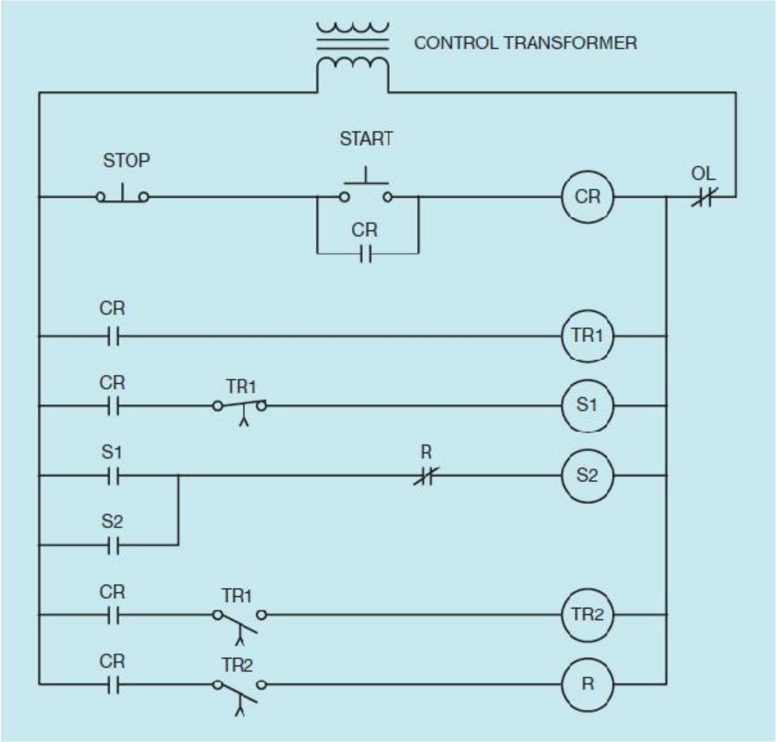
Closed transition starting အား size 6 နှင့် ယင်းအထက် ကြီးသော starter များတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် အသုံးပြုကြပါသည်။ Closed transition starting အတွက် သီးခြား start contactor နှစ်ခုအား အသုံးပြုပါသည် (ပုံ ၃၈.၄)။



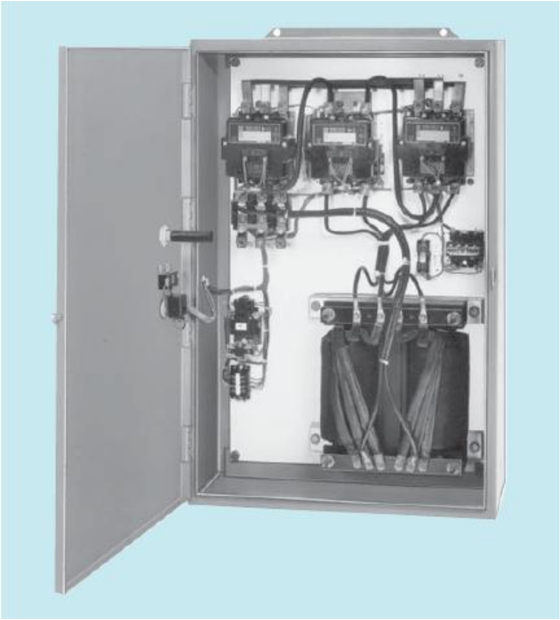
ပုံ ၃၈.၄ သီးခြား starting contactor နှစ်ခုအား အသုံးပြုထားသော closed transition starting

မော်တာစတင်လည်ပတ်ရာတွင် S1 နှင့် S2 contactor နှစ်ခုစလုံးတို့မှ contact များသည် close ဖြစ်လျှက်ရှိပါသည်။ ယင်းအခြေအနေတွင် အော်တိုထရန်စဖော်မာ၏ winding အစိတ်အပိုင်း အချို့သည် မော်တာနှင့် တန်းဆက် ဆက်နေကာ တန်းဆက်ဆက်ထားသည့် inductor များအဖြစ်ရှိနေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် R contact သည် close မလုပ်မီ နှင့် S2 contact သည် open မဖြစ်မီတွင် မော်တာအား ပိုမိုကောင်းမွန်သော လည်ပတ်နှုန်းအတွက် အရှိန် ရရှိစေပါသည်။ R နှင့် S2 contact များတို့သည် တစ်ချိန်တည်းတွင် close ဖြစ်ခဲ့သော်လည်း R contact များ close ဖြစ်ချိန်နှင့် S2 contact များ open ဖြစ်ချိန်တို့အကြားတွင် အလွန်တိုတောင်းသော အချိန်အပိုင်းအခြားလေးမျှသာ ရှိခြင်းကြောင့် Autotransformer ၏ winding အား ပျက်စီးစေခြင်းမရှိပေ။

ပုံ ၃၈.၄ တွင် ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် current transformer (CTs) သုံးလုံးပါရှိပါသည်။ ယင်းအချက်သည် မြင်းကောင်ရေ ကြီးမားသော မော်တာများအား control လုပ်ရန်အတွက် စံပြုထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းများဖြစ်ပါသည်။ ယင်း current transformer တို့သည် မော်တာအား ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် ပုံမှန်အားဖြင့် အသုံးပြုသော overload heater များ အတွက် သင့်လျော်သော လျှပ်စီးပမာဏ တစ်ခု ရရှိစေရန်အတွက် ဖြစ်ပါသည်။ close transition starting အတွက် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၃၈.၅ တွင် ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၃၈.၅ closed transition starting အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်း



ပုံ ၃၈.၆ စံပြု Autotransformer starter

မော်တာသည် run အခြေအနေသို့ရောက်ရှိသောအခါတွင် ယင်းအား ပါဝါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်လိုက်ကာ ယင်းအချိန်တွင် Autotransformer သည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ လုံး၀ ပြတ်တောက်သွား

မည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအချက်အား စွမ်းအင်ချွေတာရန်နှင့် transformer သက်တမ်း ပိုမိုရှည်ကြာလာစေရန် အတွက် ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ စံပြု Autotransformer starter တစ်လုံးအား ပုံ ၃၈.၆ တွင် ပြသထားပါသည်။

အခန်း ၃၉

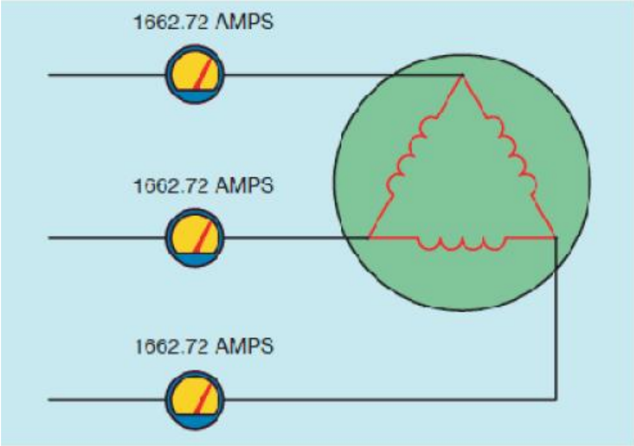
Wye – Delta နည်းဖြင့် မော်တာတစ်လုံးအား စတင် မောင်းနှင်ခြင်း

Wye-Delta မော်တာစတင်မောင်းနှင်နည်းကို မြင်းကောင်ရေ မြင့်မားသော မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်စဉ် အချိန်ကာလအတွင်း inrush current အား လျော့ချရန်နှင့် starting torque အား လျော့ချနိုင်ရန် မကြာခဏ ဆိုသလို အသုံးပြုကြပါသည်။ Wye-Delta မော်တာစတင်မောင်းနှင်နည်းတွင် မော်တာ၏ stator winding အား စတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်ပိုင်းအတွင်း Wye သို့မဟုတ် Star အဖြစ် ဆက်သွယ်ထားရှိကာ ယင်းတို့အား run လုပ်သည့်အချိန်တွင် Delta အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲ ဆက်သွယ်လိုက်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ယင်းသို့ပြုလုပ်ခြင်းကို တစ်ခါတစ်ရံတွင် soft starting ဟုလည်းခေါ်ဆိုကြပါသည်။ အကယ်၍ မော်တာ၏ stator winding များသည် မော်တာ စတင်လည်ပတ်သည့်အချိန်တွင် Delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ထားခဲ့ပါက stator winding များအား Wye ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားသည်နှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက လျှပ်စီးပမာဏ သုံးဆမျှ ရှိနေပေမည်။ မော်တာအား ထြီသွင် (three-phase) ၄၈၀ ဗို့အားဖြင့် ချိတ်ဆက်သုံးစွဲမည်ဟု ယူဆပါမည်။ မော်တာစတင်လည်ပတ်ချိန်တွင် မော်တာ winding များတို့၏ impedance သည် ၀.၅ အုမ်းမျှ ရှိသည်ဟုလည်း ယူဆပေးရပါမည်။ မော်တာ၏ winding များသည် (ပုံ ၃၉.၁) အတိုင်း Delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါက phase winding တစ်ခုစီအတွင် ဖြစ်ပေါ်သော ဗို့အား သည် ၄၈၀ ဗို့ ဖြစ်နေမည်ဖြစ်ကာ Delta ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားခဲ့လျှင် line ဗို့အား သည် phase ဗို့အားနှင့် တူညီနေသည့်အတွက် ကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ phase winding (stator winding) တစ်ခုစီအတွင်း စီးဆင်းသည့် လျှပ်စီး ပမာဏအား Ohm's Law ကိုအသုံးပြုကာ ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။

$$I_{PHASE} = \frac{E_{PHASE}}{Z_{PHASE}}$$

$$I_{PHASE} = \frac{480}{0.5}$$

$$I_{PHASE} = 960A$$



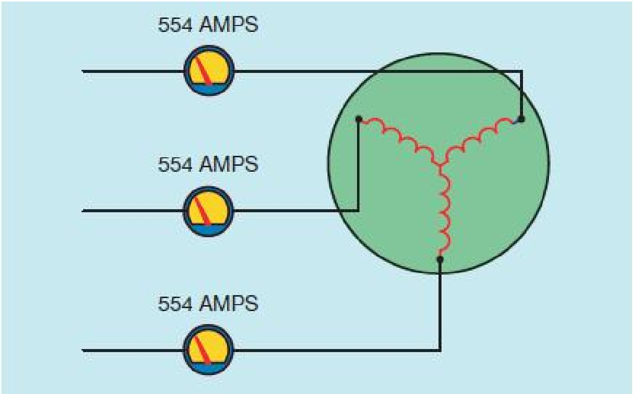
ပုံ ၃၉.၁ Stator winding များအားစတင်မောင်းနှင်စဉ် အချိန်ကာလအတွက် Delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပုံ

Delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ရာတွင် line လျှပ်စီးသည် phase လျှပ်စီး ထက် နှစ်ထပ်ကိန်းရင်း ၃ ($\sqrt{3}$) သို့မဟုတ် ၁.၇၃၂ အဆမျှ ပိုမိုကြီးပေမည်။ ထို့ကြောင့် line လျှပ်စီးပမာဏ သည်

$$I_{LINE} = I_{PHASE} x\ 1.732$$

$$I_{LINE} = 960\ x\ 1.732$$

$$I_{LINE} = 1662.72\ A$$



ပုံ ၃၉.၂ Stator winding များအား စတင်မောင်းနှင်စဉ်အချိန်ကာလအတွင်း Wye ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပုံ

အကယ်၍ stator winding များသည် Wye ပုံစံ (ပုံ ၃၉.၂) အတိုင်း ဆက်သွယ်ထားခဲ့ကြပါက phase winding တစ်ခုစီတွင် ရှိနေမည့် ဗို့အားသည် ၂၇၇ ဗို့ဖြစ်ကာ ထိုသို့ဖြစ်ရခြင်းမှာ Wye ပုံစံ

ဆက်သွယ်ထားသော ဝန်အားအတွက် phase ဗို့အားသည် line ဗို့အားအောက် နှစ်ထပ်ကိန်းရင်း ၃ ($\sqrt{3}$) သို့မဟုတ် ၁.၇၃၂ အဆမျှ ပိုမိုငယ်ပေမည်။

$$E_{PHASE} = \frac{E_{LINE}}{1.732}$$
$$E_{PHASE} = \frac{480}{1.732}$$
$$E_{PHASE} = 277V$$

In-rush current ပမာဏအား Ohm's Law ကို အသုံးပြု၍ ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။

$$I_{PHASE} = \frac{E_{PHASE}}{Z_{PHASE}}$$
$$I_{PHASE} = \frac{277}{0.5}$$
$$I_{PHASE} = 554A$$

Wye ပုံစံချိတ်ဆက်ထားသော ဝန်အား (load) တွင် line လျှပ်စီးနှင့် phase လျှပ်စီးတို့မှာ တူညီကြပါသည်။ ထို့ကြောင့် စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် စီးသော လျှပ်စီးသည် ၁၆၆၂.၇၂ မှ ၅၅၄ အမ်ပီယာသို့ လျော့ကျသွားခြင်းသည် မော်တာမောင်းနှင်စဉ်တွင် stator winding အား Delta အစား Wye ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ခြင်းကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။

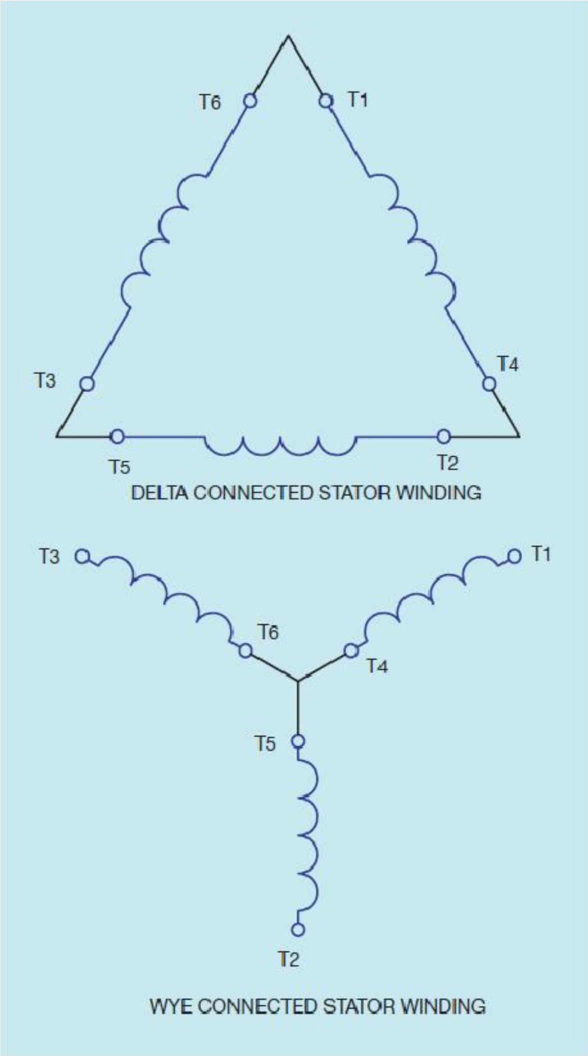
Wye-Delta မော်တာစတင်မောင်းနှင်နည်းအတွက် လိုအပ်ချက်များ

Wye-Delta မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ခြင်း နည်းအား စတင်မသုံးစွဲမီတွင် အောက်ပါလိုအပ်ချက် နှစ်ချက်နှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိရပါမည်။

၁။ မော်တာ၏ stator winding တို့သည် run လုပ်မည့်အချိန်ကာလအတွက် Delta ပုံစံ ချိတ်ဆက်နိုင်စေရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားရပါမည်။

မော်တာ၏ stator winding များအား Delta ဖြစ်စေ၊ Wye ဖြစ်စေ တစ်မျိုးစီ ဆက်သွယ် လုပ်ဆောင်နိုင်စေရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်လုပ်ထားနိုင်ပါသည်။ မော်တာ၏ မြင်းကောင်ရေအပေါ်တွင် မူတည်ကာ ရရှိလာမည့် ပါဝါလိုအပ်ချက်မှာ အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ တို့သွင် Induction motor ၏ လည်ပတ်နှုန်းသည် phase တစ်ခုတွင်ရှိမည့် stator pole အရေအတွက်နှင့် ယင်းမော်တာအား ပေးပို့အသုံးပြုစေမည့် ဗို့အား၏ ဖရီကွင်စီအပေါ်တွင် မူတည်နေပါသည်။ ထို့ကြောင့် မော်တာအား

ဒီဇိုင်းထုတ်ထားမှုတွင် မည်သည့် ဆက်သွယ်မှုကို အသုံးပြုသည်ဖြစ်စေ၊ လည်ပတ်နှုန်းမှာ အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။



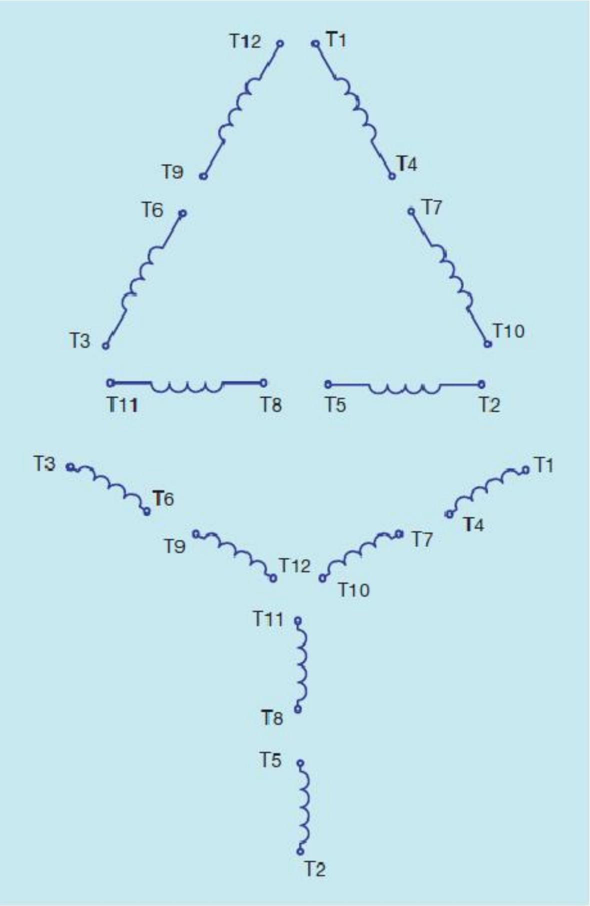
ပုံ ၃၉.၃ ဗို့အား တစ်ခုတည်းဖြင့် မောင်းနှင်အသုံးပြုသော မော်တာများ အတွက် စံသတ်မှတ်ထားသော ထိပ်စွန်းအမှတ်များ

၂။ stator winding အားလုံးတို့၏ ထိပ်စွန်းများသည် လိုအပ်သလို လုပ်ဆောင်နိုင်သော အခြေအနေတွင် ရှိနေရပါမည်။ ဗို့အား တစ်ခုတည်းအသုံးပြုနိုင်ရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားသော မော်တာများတွင် ပုံမှန်အားဖြင့် မော်တာ၏ ထိပ်စွန်းများအား ဆက်သွယ်ရန်ထားရှိသော ဘောက်စ်အတွင်း T1, T2 နှင့် T3 ဟု လေဘယ်တပ်ထားသော ထိပ်စွန်းသုံးခုပါရှိပါသည်။ ဗို့အား နှစ်ခုအသုံးပြုလိုသော မော်တာများတွင်မူ ပုံမှန်အားဖြင့် T1 မှ T9 အထိ ထိပ်စွန်း စုစုပေါင်း ကိုးခုတို့သည် ထိပ်စွန်းများ ဆက်သွယ်မည့် ဘောက်စ်အတွင်း ပါရှိပါသည်။ ဗို့အား တစ်ခုတည်းဖြင့် မောင်းနှင်ရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားသော

မော်တာများတွင် ထိပ်စွန်း ခြောက်ခုပါရှိမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း ထိပ်စွန်းခြောက်ခုတို့အတွက် အမှတ်အသားပြု အမှတ်စဉ်တပ်ဆင်မှုအား ပုံ ၃၉.၃ တွင် ပြသထားပါသည်။ ထိပ်စွန်းအမှတ်များသည် three-phase မှ phase တစ်ခုစီအတွက် စံပြုသတ်မှတ်ထားသည်များ ဖြစ်သည်ကို သတိပြုစေလိုပါသည်။ ထိပ်စွန်း T1 ၏ ဆန့်ကျင်ဖက် အစွန်းသည် T4 ဖြစ်ကာ T2 ၏ ဆန့်ကျင်ဖက် အစွန်းသည် T5 ဖြစ်ပြီး T3 ၏ ဆန့်ကျင်ဖက် အစွန်းမှာမူ T6 ဖြစ်ပေသည်။ အကယ်၍ stator winding များအား Delta ပုံစံ ချိတ်ဆက်မည်ဆိုပါက ထိပ်စွန်းများဖြစ်ကြသော T1 နှင့် T6 တို့အား တစ်တွဲတည်း တွဲဆက်ရမည်ဖြစ်ကာ T2 နှင့် T5 ဆက်ပြီးနောက် T3 နှင့် T6 တို့အားလည်း ချိတ်ဆက်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ အကယ်၍ stator winding များအား Wye ပုံစံဖြင့် ချိတ်ဆက်မည်ဆိုပါက T4, T5 နှင့် T6 တို့အား ပူးတွဲ ဆက်သွယ်ထားရမည်ဖြစ်ပါသည်။ Wye-Delta မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ခြင်းနည်းကို အသုံးမပြုသော မော်တာများအနေဖြင့် ထိုသို့သော ဆက်သွယ်မှု များအား မော်တာအတွင်းမှာပင် ပြုလုပ်ထားခြင်းကြောင့် မော်တာ၏ ထိပ်စွန်းများ ထားရှိမည့် ဘောက်စ်အတွင်းတွင် ထိပ်စွန်း သုံးခုသာ ထားရှိရန်လိုအပ်ပေသည်။ stator အား Delta ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားသည့် မော်တာတစ်လုံးတွင် ဥပမာအားဖြင့် T1 နှင့် T6 တို့အား မော်တာ၏ အတွင်းပိုင်းတွင်သာ ချိတ်ဆက်ထားကာ တစ်ခုတည်းသော ထိပ်စွန်း ဖြစ်သော T1 အမည်တပ်ထားသော ထိပ်စွန်းတစ်ခုတည်းကိုသာ ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်နိုင်ရန် ထားရှိပါသည်။ Wye ပုံစံ ချိတ်ဆက်ထားသော မော်တာများတွင်မူ T4, T5 နှင့် T6 တို့အား အတွင်းပိုင်းတွင် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။

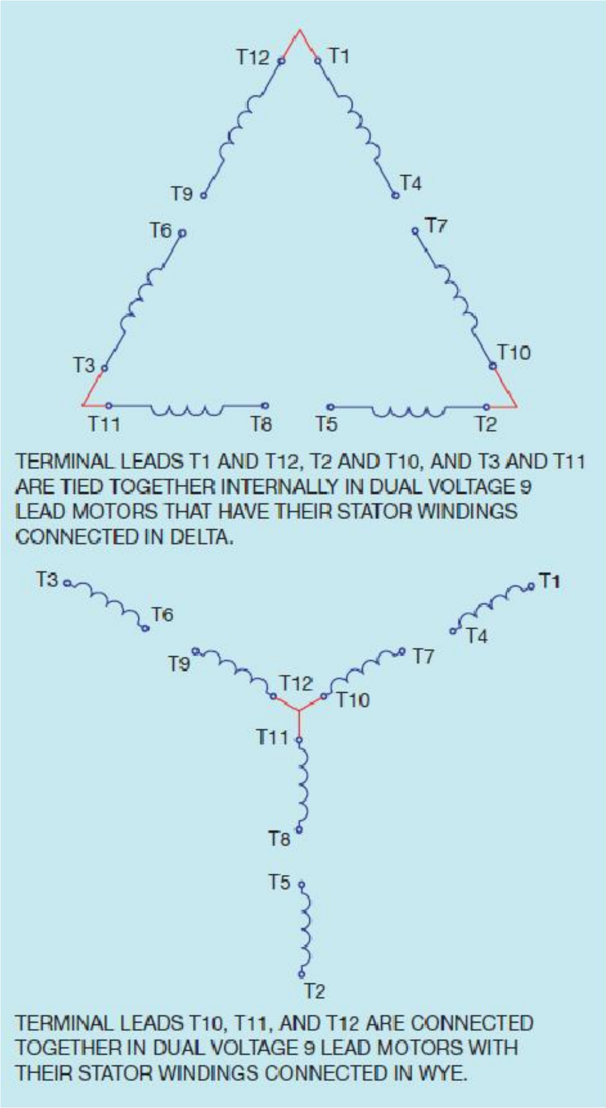
ဗို့အားနှစ်ခုသုံး မော်တာများ အတွက် ဆက်သွယ်ပုံများ

၂၄၀ သို့မဟုတ် ၄၈၀ စသည်ဖြင့် ဗို့အား နှစ်ခု ဖြင့် မောင်းနှင်သုံးစွဲရန် ရည်ရွယ်သော မော်တာများ တွင် phase တစ်ခုစီတွင် သီးခြားဖြစ်နေသော winding နှစ်ခုပါရှိပါသည် (ပုံ ၃၉.၄)။ ဗို့အား နှစ်ခုသုံးမော်တာ များတွင် T ထိပ်စွန်း ၁၂ ခုပါရှိပါသည်။



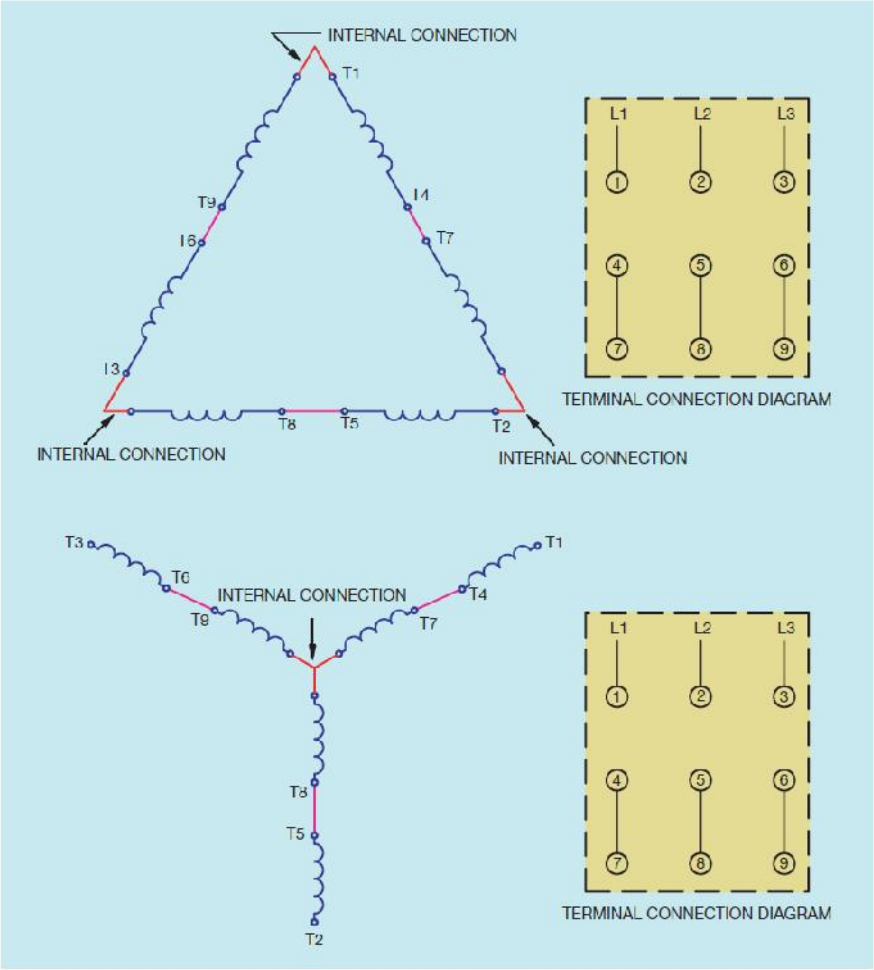
ပုံ ၃၉.၄ ဗို့အား နှစ်မျိုးဖြင့် မောင်းနှင်အသုံးပြုသော မော်တာများ အတွက် စံသတ်မှတ်ထားသော ထိပ်စွန်းအမှတ်များ

Wye-Delta ဆက်သွယ်သုံးစွဲရန် ရည်ရွယ်မထားသော ဗို့အား နှစ်ခုသုံးမော်တာများတွင် အချို့သော ထိပ်စွန်းများအား အတွင်းပိုင်းတွင် တွဲချိတ်ထားကာ ယင်းအား ပုံ ၃၉.၅ တွင် ပြသထားပါသည်။ ဗို့အားနှစ်ခုသုံးနိုင်သည့် three-phase မှ phase အားလုံး အတွက် ထိပ်စွန်း ၁၂ ခုပါရှိကာ မော်တာအား Wye-Delta မော်တာစတင်မောင်းနှင်နည်းကို မသုံးစွဲခဲ့ပါက ထိပ်စွန်း T1 မှ T9 အထိအား မော်တာ၏ ထိပ်စွန်းများ ထားရှိသော ဘောက်စ်အတွင်းတွင် ထည့်သွင်း ထားရှိရမည်ဖြစ်ပါသည်။



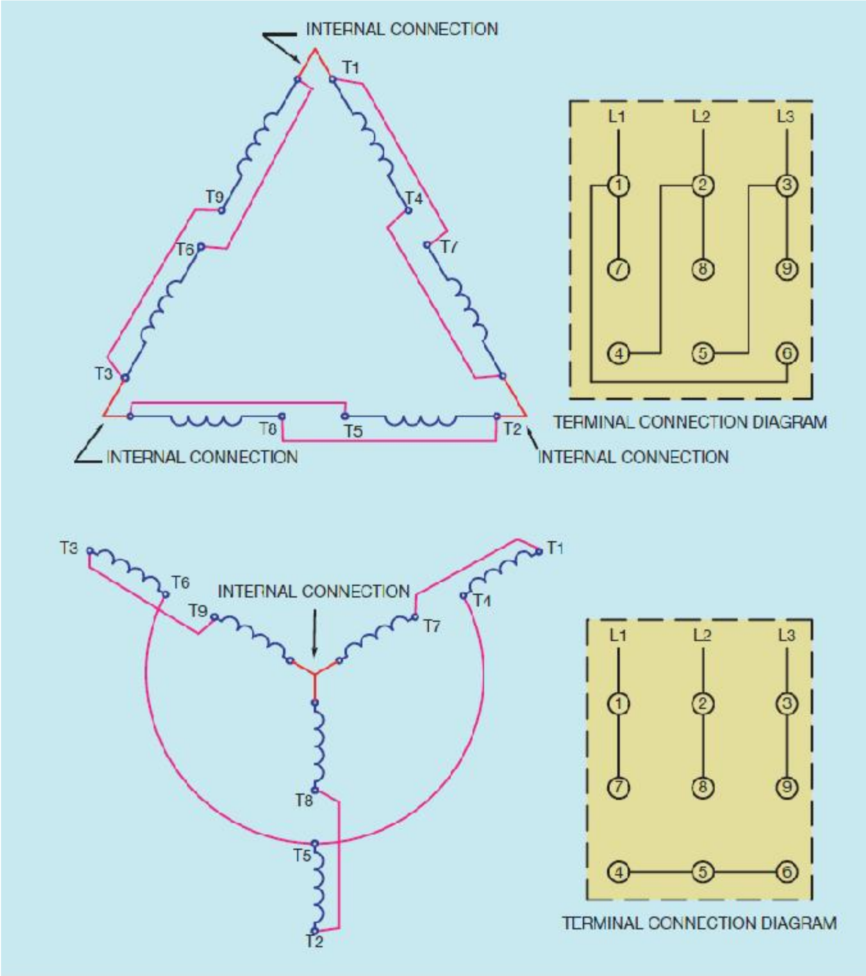
ပုံ ၃၉.၅ ထိပ်စွန်း ၉ ခုပါရှိသော ဗို့အား နှစ်မျိုးအသုံးပြုသော မော်တာ တွင် အချို့သော stator winding များအား အတွင်းပိုင်းတွင် အတူဆက်သွယ်ထားပုံ

မော်တာအား မြင့်မားသော ဗို့အားဖြင့် အသုံးပြု မောင်းနှင်လိုပါက stator ထိပ်စွန်းများအား ပုံ ၃၉.၆ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း တန်းဆက် ဆက်သွယ်ပေးရပါမည်။ မော်တာအား ဗို့အား အနိမ့်ဖြင့် မောင်းနှင် သုံးစွဲလိုပါက stator winding များအား ပုံ ၃၉.၇ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း အပြိုင်ချိတ်ဆက်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။

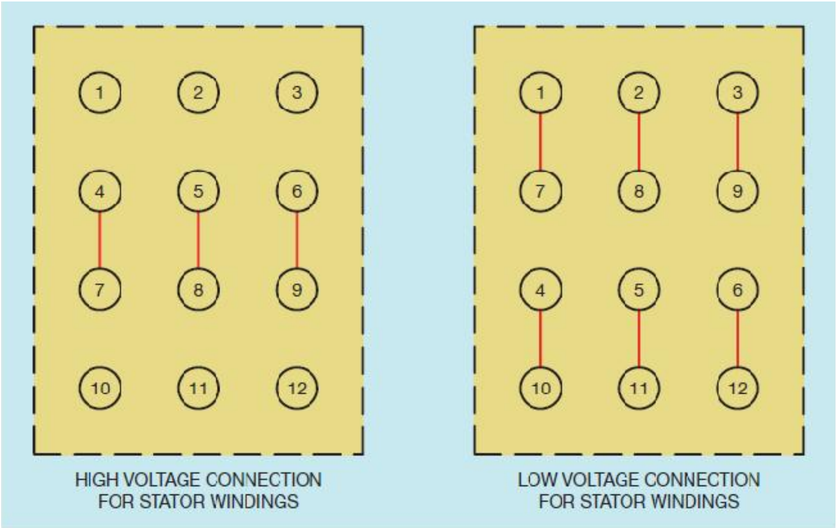


ပုံ ၃၉.၆ ထိပ်စွန်း ၉ ခုပါ မော်တာများအတွက် ဗို့အား အမြင့် ဆက်သွယ်ပုံ

ဗို့အားနှစ်ခုသုံး မော်တာများအား Wye-Delta မော်တာစတင်မောင်းနှင်နည်းဖြင့်သုံးစွဲနိုင်ရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားသည် ဆိုသော်လည်း ဗို့အားအမြင့် သို့မဟုတ် ဗို့အားအနိမ့် စသည်ဖြင့် အလျဉ်းသင့်သလို ဆက်သွယ်နိုင်ရန် ထိပ်စွန်း ၁၂ ခုစလုံးအား ထိပ်စွန်းများ ဆက်သွယ်ရန်ထားရှိသော ဘောက်စ်အတွင်း ထားရှိပါသည်။ ထိပ်စွန်း ၁၂ ပါ ဗို့အား နှစ်ခုသုံး မော်တာများ၏ ဆက်သွယ်မှုပုံကို ပုံ ၃၉.၈ တွင် ပြသထားပါသည်။ ပုံတွင် မော်တာ၏ထိပ်စွန်းများအား ပါဝါချိတ်ဆက်မည့် ဆက်သွယ်မှုအား မပြသထားပေ။ ယင်းသို့သော ဆက်သွယ်မှုများသည် control လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ အစိတ်အပိုင်းအဖြစ် ပြုလုပ်ထားပါသည်။



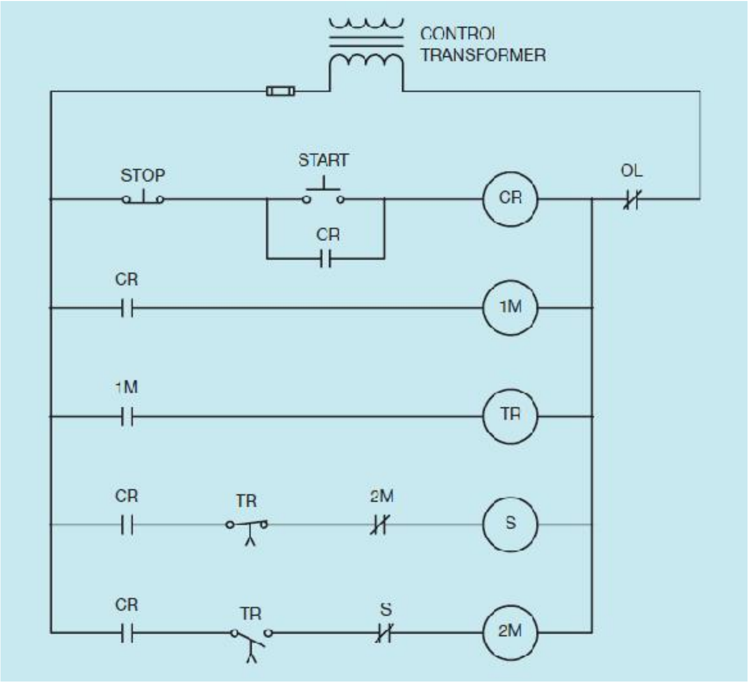
ပုံ ၃၉.၇ ထိပ်စွန်း ၉ ခုပါ မော်တာများအတွက် ဗို့အား အနိမ့် ဆက်သွယ်ပုံ



ပုံ ၃၉.၈ ဗို့အား နှစ်မျိုးအသုံးပြုသော ထိပ်စွန်း ၁၂ ခုပါ မော်တာများ၏ Stator winding များအား ဆက်သွယ်ထားပုံ

Stator ထိပ်စွန်းများအား ဆက်သွယ်ခြင်း

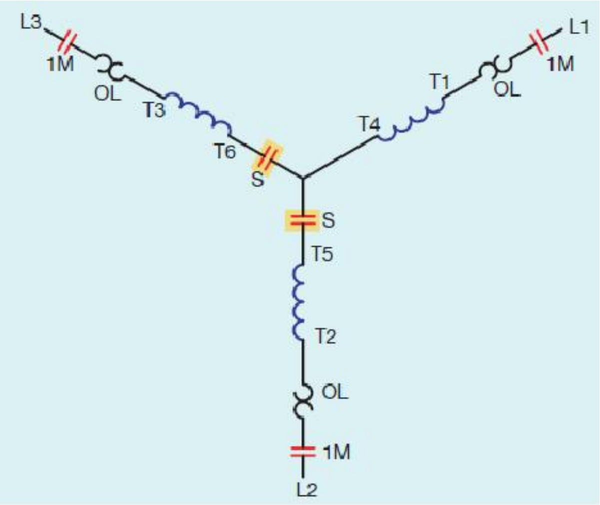
Wye-Delta မော်တာစတင်မောင်းနှင်ခြင်းနည်းဖြင့် မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် stator winding အား မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်ပိုင်းအတွင်း Wye ပုံစံဖြင့် ချိတ်ဆက်ကာ ပုံမှန်မောင်းနှင်လုပ်ကိုင်သောအချိန်တွင်မှ Delta အနေအထားဖြင့် ပြန်လည် ဆက်သွယ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။



ပုံ ၃၉.၉ time delay အသုံးပြုထားသော Wye-Delta starter တစ်ခု၏ အခြေခံ control လျှပ်စီးပတ်လမ်း

ရှင်းရှင်းလင်းလင်းဖြစ်စေရန် ပုံတွင်ပြထားသော မော်တာအား ဗို့အား တစ်ခုတည်းဖြင့် မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်နိုင်စေရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားကာ ယင်း၏ ထိပ်စွန်းများဖြစ်ကြသော T1 မှ T6 အထိအား ထိပ်စွန်းများ ဆက်သွယ်ရန်ထားရှိသော ဘောက်စ်အတွင်းသို့ ထည့်သွင်းထားရှိပါစေ။ ဗို့အားနှစ်ခုသုံးမော်တာအား ဆက်သွယ်သုံးစွဲမည်ဆိုပါက ဗို့အားမြင့် သို့မဟုတ် ဗို့အားနိမ့် စသည်ဖြင့် အလျှောက်သင့်သလို stator winding များအား ဆက်သွယ်နိုင်စေရန် ပြင်ဆင်ထားပြီးနောက် T4, T5 နှင့် T6 မှ သည် T10, T11 နှင့် T12 တို့အား အောက်ပါ ဆက်သွယ်မှုများအတိုင်း ပြောင်းလည်းပေးရပါမည်။ Wye-Delta မော်တာ စတင်မောင်းနှင်မှု နည်းလမ်းအတွက် အခြေခံ control လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၃၉.၉ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် time delay အား အသုံးပြုကာ မော်တာ winding များအား မည်သည့်အချိန်တွင် Wye မှ Delta သို့ ပြောင်းမည်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ စတင်မောင်းနှင်ပေးသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်း သို့မဟုတ် မော်တာ၏ လျှပ်စီးအား အာရုံခံပေးခြင်းဖြင့်

မော်တာ၏ stator winding များအား Wye မှ Delta သို့ ပြောင်းလဲပေးခြင်းသည်လည်း အသုံးများသော နည်းတစ်ခုဖြစ်ပါသည်။

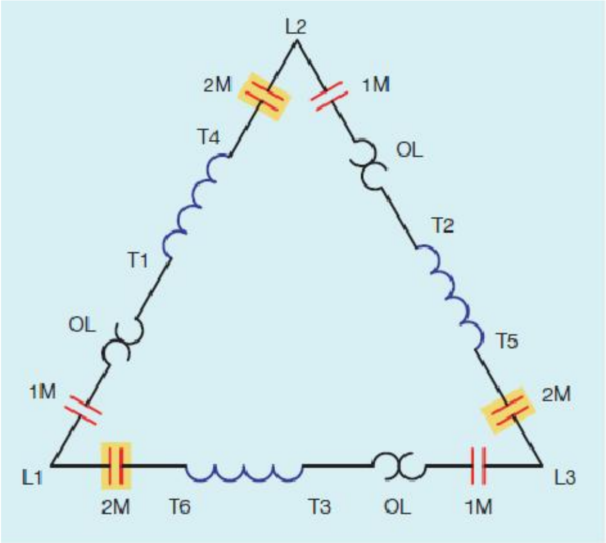


ပုံ ၃၉.၁၀ starting လုပ်ရန်အတွက် stator winding များအား Wye ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားပုံ

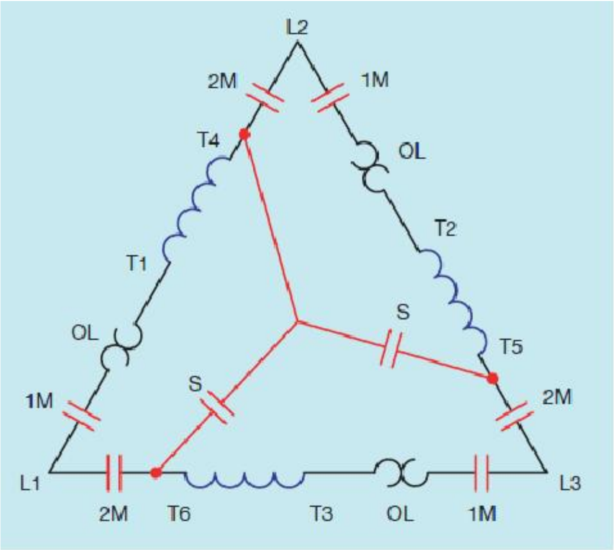
Start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် control relay ဖြစ်သော CR သည် energize ဖြစ်ကာ CR contact များအားလုံးအား close ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းအတွက်ကြောင့် contactor များဖြစ်ကြသော 1M နှင့် S တို့အား အလျှင်အမြန် energize ဖြစ်စေပါသည်။ မော်တာ၏ stator winding များသည် ပုံ ၃၉.၁၀ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း Wye ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်လျှက်ရှိနေကြပါသည်။ load contact များဖြစ်သော 1M contact များမှ တစ်ဆင့် မော်တာသို့ ပါဝါ ရောက်ရှိစေကာ S contact များသည် stator winding အား Wye ပုံစံဆက်သွယ်မှုဖြစ်နေစေပါသည်။

1M auxiliary contact သည် timer TR ၏ ကွိုင်သို့ ပါဝါပေးပို့ပါသည်။ မူလသတ်မှတ်ထားသော နှောင်းချိန်ပြည့်သွားသည်နှင့် အချိန်ဖြင့်အလုပ်လုပ်သော TR contact နှစ်ခုတို့သည် အနေအထားပြောင်းသွားပါသည်။ မူလက close ဖြစ်နေသော contact သည် open ဖြစ်သွားပြီးနောက် ကွိုင် S တို့အား အဆက်ပြတ်စေကာ load contact S များအား open ဖြစ်စေပါသည်။ မူလအနေအထား open ဖြစ်နေသော TR contact တို့သည် close ဖြစ်သွားပြီးနောက် 2M contactor coil အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ မော်တာ၏ stator winding တို့သည် ယခုအခါ Delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ပြီး ဖြစ်ပေသည် (ပုံ ၃၉.၁၁)။ 2M load contact များအား Delta ပုံ ဆက်သွယ်ရာတွင် အသုံးပြုသည်ကို

သတိပြုသင့်ပါသည်။ load contact များအားလုံးအား ဆက်သွယ်သည့်ပုံအား ပုံ ၃၉.၁၂ တွင်ပြသထားပါသည်။



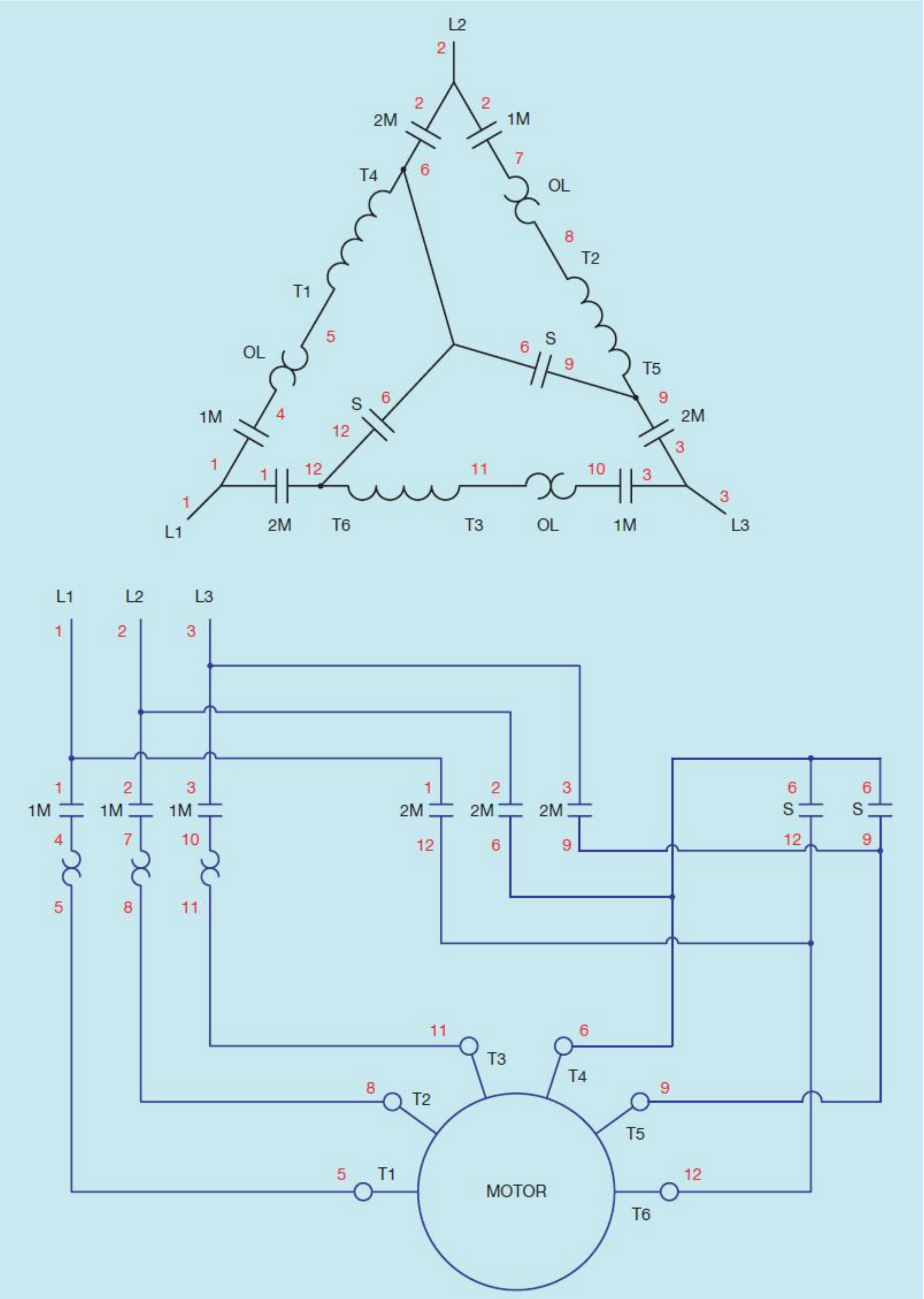
ပုံ ၃၉.၁၁ running ပြုလုပ်ရန်အတွက် stator winding များအား Delta ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားပုံ



ပုံ ၃၉.၁၂ Wye-Delta starting အတွက် load contact များအားလုံးပါရှိသော stator winding

Wye-Delta မော်တာ starter တစ်ခုအတွက် အရေးအကြီးဆုံးသော အစိတ်အပိုင်းသည် မော်တာအတွက် အမှန်တစ်ကယ်အသုံးပြုမည့် load များနှင့် ဆက်သွယ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ကောင်းမွန်သင့်လျော်စွာ ဆက်သွယ်မှုမပြုခဲ့ပါက မော်တာရပ်တန့်သွားခြင်းနှင့် Wye မှ Delta သို့ ပြောင်းလဲ ချိတ်ဆက်စဉ်ကာလ တွင် မော်တာပြောင်းပြန်လည်ခြင်း အစရှိသည်တို့ ဖြစ်ပေါ်တတ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့်

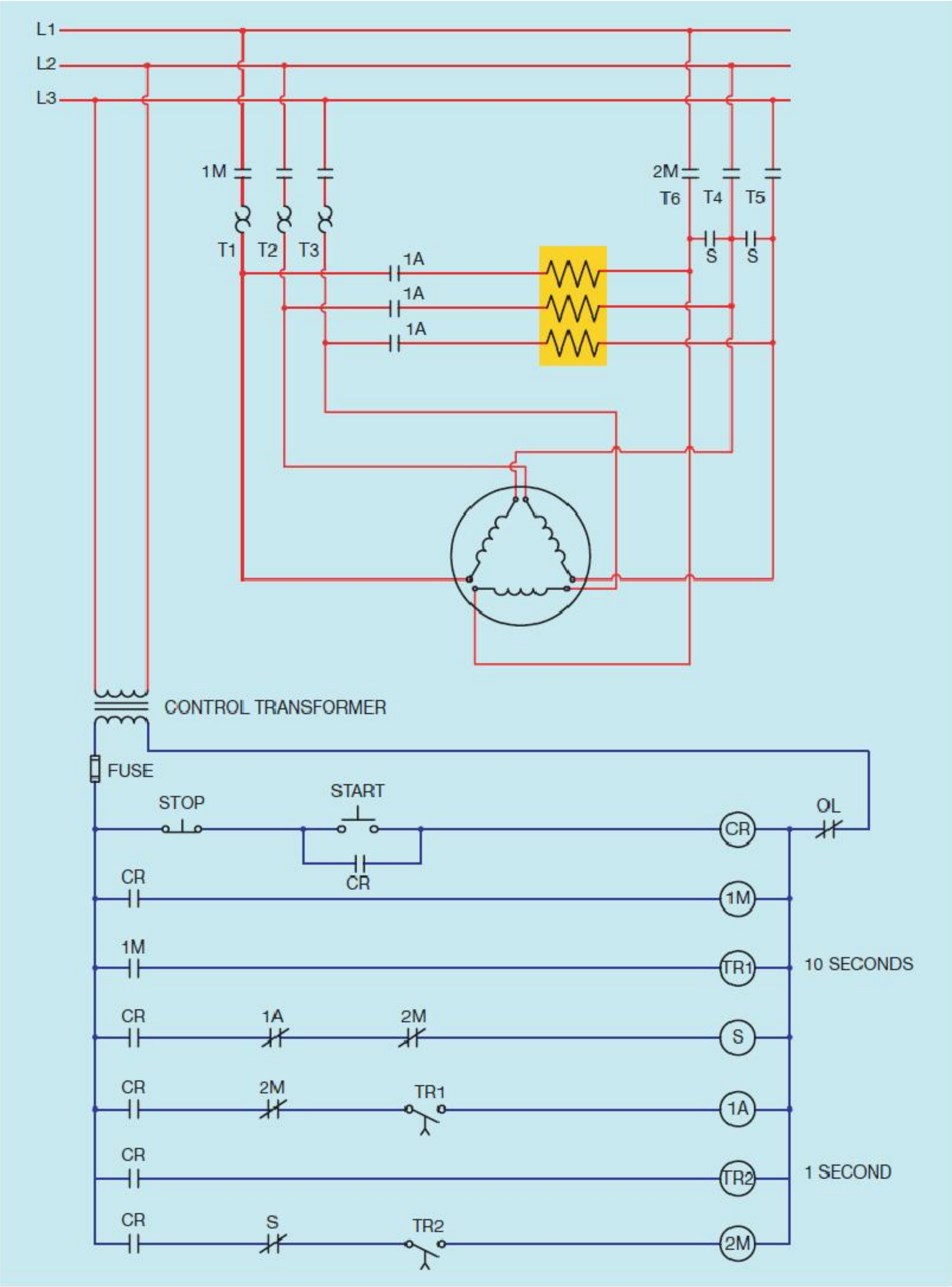
အစိတ်အပိုင်းများတွင် အမှတ်စဉ်များအား တပ်ဆင်ထားရန် ညွှန်ကြားထားခြင်းအားဖြင့် ဆက်သွယ်မှုပြုရာတွင် လွယ်ကူစေသကဲ့သို့ မှားယွင်းဆက်သွယ်တပ်ဆင်မှုများအားလည်း ရှောင်ရှားနိုင်မည်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၃၉.၁၃)။



ပုံ ၃၉.၁၃ Wye-Delta starting အတွက် load circuit အား ဆက်သွယ်ထားပုံ

Close Transition ဖြင့် မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ခြင်း

ဆွေးနွေးပြီးခဲ့ပြီးဖြစ်သော control လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် open transition ဖြင့် စတင်မောင်းနှင် အသုံးပြုပါသည်။ ဆိုလိုသည်မှာ Wye မှ Delta သို့ ကူးပြောင်းစဉ်ကာလအတွင်း မော်တာသည် ပါဂါလိုင်းမှ ပြတ်တောက်သွားသည်ဟု ဆိုလိုခြင်းဖြစ်ပါသည်။



ပုံ ၃၉.၁၄ closed transition starting ပါရှိသော size 1, 2, 3, 4 နှင့် 5 Wye-Delta starter များ၏ အခြေခံ diagram

ယင်းအချက်သည် အချို့သော အသုံးပြုသည့် အခြေအနေများအတွက် မော်တာမှ Wye မှ Delta သို့ ကူးပြောင်းစဉ်ကာလအတွင်း လျှပ်စစ်ဓါတ်အား စံနစ်တွင် spike များအား ဖြစ်စေသည့်အတွက် လက်မခံနိုင်ကြပါ။ နောက်တနည်းမှာ မော်တာအား ပါဂါလိုင်းမှ ပြတ်တောက်သွားစေခြင်းမရှိစေသည့် နည်းဖြစ်ကာ ယင်းကို closed transition ဟု ခေါ်ပါသည်။ close transition နည်းဖြင့် မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည့် နည်းအား လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း pole သုံးခုပါသော contactor တစ်လုံးနှင့် ခုခံမှုများအား ထပ်မံထည့်သွင်းတပ်ဆင်ခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည် (ပုံ ၃၉.၁၄)။ 1A ဟု အမည်ပေး သတ်မှတ်ထားသော အသစ်ထပ်ဖြည့်ထားသော contactor သည် Wye မှ Delta သို့ ကူးပြောင်းစဉ်ကာလအတွင်း ရုတ်တရက် energize ဖြစ်သွားကာ ပါဂါလိုင်းနှင့် မော်တာအကြားတွင် ခုခံမှုများအား ဆက်သွယ်ပေးပါသည်။ နှောင်းချိန် ၁စက္ကန့်ထားရှိသော on-delay timer TR2 အားလည်း control လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း ထည့်သွင်း တပ်ဆင်ထားပါသည်။ ယင်း timer အား ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ထားရခြင်းမှာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပါဂါစတင်ပို့လွှတ်စဉ်တွင် contactor များဖြစ်ကြသော S နှင့် 2M တို့မှ တစ်ခုအနေဖြင့် အလျှင်အမြန်ကပ်မိစေခြင်း မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း timer TR2 မတပ်ဆင်ထားပါက contactor S သည် energize မဖြစ်မီတွင် contactor 2M သည် energize ဖြစ်သွားပေမည်။ ယင်းအချက်သည် မော်တာအား Wye ပုံစံ ဆက်သွယ်မှု မဖြစ်စေရန် တားဆီးပေးပါသည်။ မော်တာသည် Delta ပုံစံချိတ်ဆက်ထားသော stator winding များဖြင့် မော်တာအား စတင်လည်ပတ်သွားပေမည်။

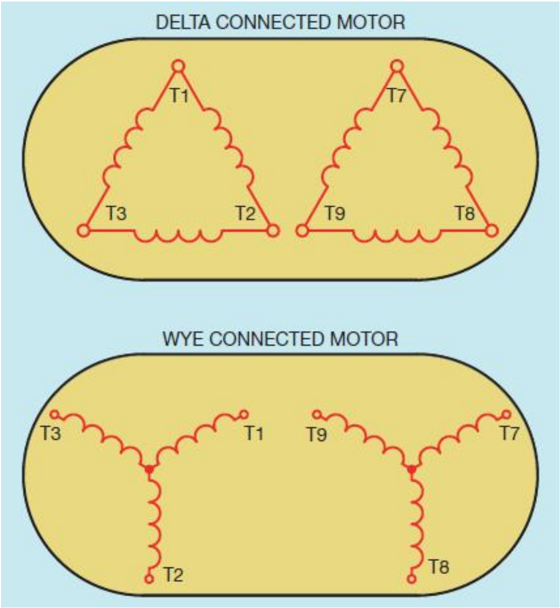
ဝန်အားပို (Overload) setting

ပုံ ၃၉.၁၂ တွင် overload heater များအား Delta phase winding များ (လိုင်းတွင်မဟုတ်) တွင် တပ်ဆင်ထားပါသည်။ ထို့ကြောင့် overload heater များ၏ rating အား မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးတန်ဘိုးအောက် သို့လျော့ချကာ သတ်မှတ်နိုင်ပါသည်။ Delta ပုံစံဆက်သွယ်မှုတွင် phase လျှပ်စီးပမာဏသည် line လျှပ်စီးပမာဏ အောက် နှစ်ထပ်ကိန်းရင်း ၃ သို့မဟုတ် ၁.၇၃၂ အဆမျှ လျော့နည်းပေသည်။ ဥပမာအားဖြင့် မော်တာ၏ nameplate တွင် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးသည် ၁၆၅ အမ်ပီယာဖြစ်သည်ဟု ညွှန်းပြထားပါသည်။ မော်တာ၏ stator winding အား Delta ပုံစံ ဆက်သွယ်ထားပါက phase တစ်ခုစီတွင် စီးဆင်းသော လျှပ်စီးပမာဏသည် ၉၅.၃ အမ်ပီယာ (၁၆၅ / ၁.၇၃၂) မျှသာဖြစ်ပေမည်။ overload heater အရွယ်အစားအား ရွေးချယ်ရာတွင် ၁၆၅ အမ်ပီယာအပေါ်တွင် မူတည်ရွေးချယ်ခြင်းမပြုတော့ပဲ ၉၅.၃ အမ်ပီယာအပေါ်တွင်သာ မူတည်ရွေးချယ်သင့်ပါတော့သည်။

အခန်း ၄၀

Part Winding Starter များ

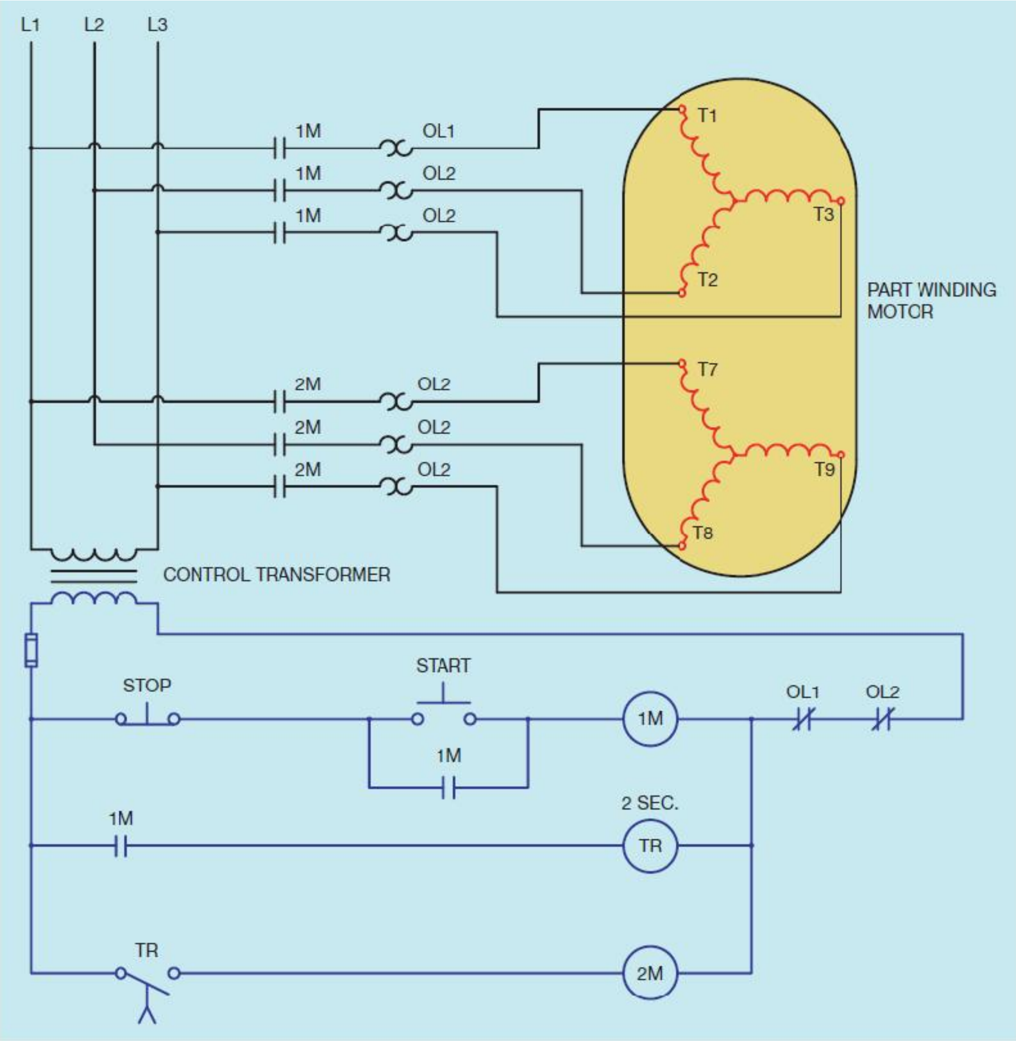
Part Winding Starter အသုံးပြုကာ မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ခြင်းသည် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor များ စတင်မောင်းနှင်စဉ်အချိန်တွင် စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးအား လျှော့ချပေးနိုင်သည့် နောက်ထပ်နည်းလမ်း တစ်ခုပင်ဖြစ်ပါသည်။ part winding starting နည်းကို အသုံးပြုမည့် မော်တာ၏ stator winding တွင် သီးခြား winding နှစ်ခုပါရှိစေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည် (ပုံ ၄၀.၁)။



ပုံ ၄၀.၁ part winding starting အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားသော မော်တာတွင် stator winding နှစ်ခုပါရှိကာ တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြိုင်ချိတ်ဆက်နိုင်စေရန် ရည်ရွယ်ပါသည်။

stator winding အား ထုတ်လုပ်မှုအပေါ်တွင်မူတည်ကာ Wye ပုံစံ သို့မဟုတ် Delta ပုံစံဖြင့်ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ ယင်း winding နှစ်ခုအား တစ်ခုနှင့် တစ်ခု အပြိုင်ဖြစ်နေစေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ မော်တာစတင်မောင်းနှင်သောအခါတွင် winding တစ်ခုတည်းကိုသာ ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာ၏ winding တစ်ဝက်ကိုသာ မော်တာစတင်မောင်းနှင်

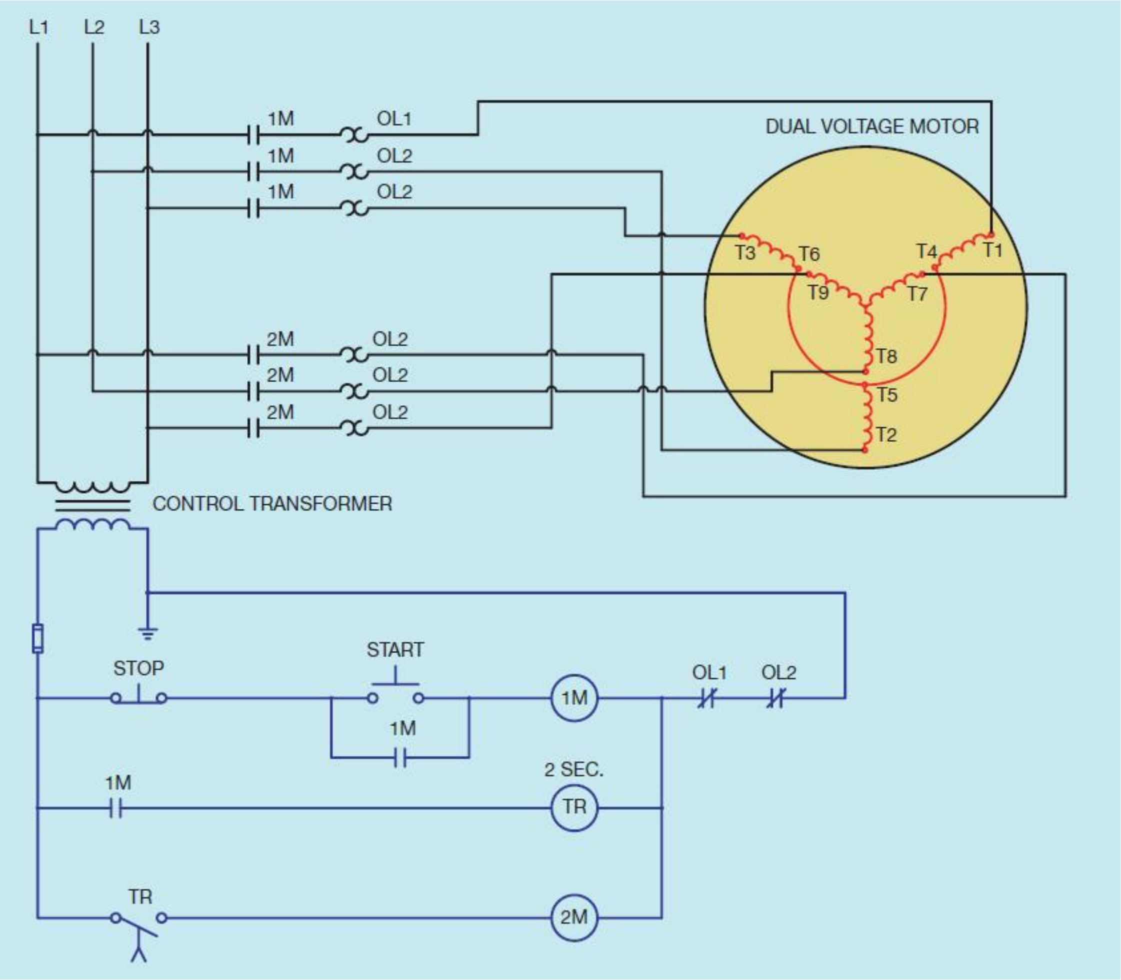
သည့်အချိန်တွင် အသုံးပြုသည့်အတွက် ယင်းကဲ့သို့သော မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည့်နည်းအား part winding starting ဟု ခေါ်ဆိုကြပါသည်။



ပုံ ၄၀.၂ စံပြု part winding starter

မော်တာစတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် မော်တာ၏ winding နှစ်ခုစလုံးအား ချိတ်ဆက်ထားခဲ့ပါက part winding starting အသုံးပြုခြင်းကြောင့် ပုံမှန် locked rotor current အောက် ခန့်မှန်းခြေအားဖြင့် ၆၄% မျှ လျော့ကျသွားသကဲ့သို့ torque မှာလည်း ၅၀% မျှ အထိလျော့ကျသွားပေမည်။ ယင်း winding နှစ်ခုစလုံးမှ တစ်ခုစီသည် မော်တာစတင်မောင်းနှင်စဉ်ရှိမည့် လျှပ်စီးအား စက္ကန့်အနည်းငယ်ထက် ပိုလွန်ပြီး ခံနိုင်ရည်မရှိကြောင်း သတိပြုထားရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ဒုတိယ winding အား အလွန်တိုတောင်းသော အချိန်ကာလအတွင်း မချိတ်ဆက်နိုင်ခဲ့ပါက ပထမ winding သည် အလျှင်အမြန် အပူလွန်ကဲသွား

ပေလိမ့်မည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ဒုတိယ winding အား ပထမ winding နှင့် အပြိုင်မချိတ်ဆက်မီ နှောင်းချိန် time delay အားဖြင့် နှစ်စက္ကန့်မှ သုံးစက္ကန့်အထိ ပုံမှန်အားဖြင့် ထားရှိကြပါသည်။



ပုံ ၄၀.၃ part winding starting အတွက် အသုံးပြုသော ဗို့အားနှစ်မျိုးအသုံးပြုသည့် မော်တာ

Part winding starting အား အသုံးပြုရာတွင် မော်တာ ထိပ်စွန်း နှစ်စုံစလုံးအား ထုတ်ယူသုံးစွဲခြင်းအားဖြင့် ပြင်ပမှ ချိတ်ဆက်မှုပြုရန်ဖြစ်နိုင်ပေသည် (ပုံ ၄၀.၂)။ start button အား နှိပ်လိုက်သော အခါတွင် မော်တာ starter 1M သည် energize ဖြစ်သွားကာ ပထမ winding အား ပါဝါလိုင်းဖြင့် ဆက်သွယ်လိုက်ပါသည်။ normally open ဖြစ်နေသော auxiliary contact 1M သည် close ဖြစ်သွားကာ on-delay timer TR အား စတင်ရေတွက်စေပါသည်။ နှောင်းချိန် ၂ စက္ကန့် လွန်မြောက်ပြီးနောက် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော contact TR သည် close ဖြစ်သွားပြီး မော်တာ starter 2M အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် 2M

load contact များအား close ဖြစ်စေပြီးနောက် ဒုတိယ stator winding အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။

Overload Protection

လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် မော်တာ starter နှစ်ခုအား အသုံးပြုထားကာ တစ်ခုစီတွင် overload relay တစ်ခုစီကို အသုံးပြုထားပါသည်။ winding တစ်ခုစီအား thermal overload heater များဖြင့် သီးသန့်စီ ကာကွယ်မှုပြုထားပါသည်။ overload relay တစ်ခုစီအတွက် heater များအား အရွယ်အစား သတ်မှတ်ရာတွင် မော်တာ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီး၏ ထက်ဝက်ပမာဏ ဖြင့်သာ အရွယ်အစားသတ်မှတ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ overload relay နှစ်ခုစလုံး၏ contact များအား တန်းဆက် ဆက်ထားကာ ထိုသို့ဆက်သွယ်ခြင်းအားဖြင့် relay တစ်ခုခုတွင် overload ဖြစ်ခဲ့ပါက မော်တာ winding နှစ်ခုစလုံးအား ဖြတ်တောက်ပြီးဖြစ်ပေမည်။ starter တစ်ခုစီသည် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ထက်ဝက်ခန့်မျှကိုသာ သယ်ဆောင်စီးဆင်းသည့်အတွက် starter တစ်ခုတည်းသုံးစွဲသည်ထက် အရွယ်အစားအား လျော့ချနိုင်ပေသည်။ part winding starting အတွက် ကောင်းကျိုးနောက်တစ်ချက်မှာ close transition ဖြင့် မော်တာစတင်မောင်းနှင်နိုင်မှုဖြစ်ကာ မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ချိန်တွင် မော်တာသည် ပါဝါလိုင်းမှ ပြတ်တောက်သွားခြင်း မရှိတော့ပေ။

ဗို့အားနှစ်မျိုးသုံး မော်တာများ

အချို့သော ဗို့အား နှစ်မျိုးဖြင့် စတင်မောင်းနှင်သော မော်တာများသည် part winding starting ကို အသုံးပြုကြပါသည်။ ထိုသို့အသုံးပြုရာတွင် မော်တာထုတ်လုပ်သူအနေဖြင့် ဗို့အား နှစ်မျိုးအသုံးပြုနိုင်ရန် အတွက် ပြုလုပ်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ part winding starting ဖြင့် မော်တာအား စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် Delta ပုံစံဖြင့် ဆက်သွယ်ထားသော ဗို့အား နှစ်မျိုးအသုံးပြုသော မော်တာများအား မသုံးစွဲသင့်ပေ။ ဗို့အား နှစ်မျိုးသုံးမော်တာများအား အသုံးပြုရာတွင် မော်တာ၏ ဗို့အားနိမ့်သော setting ဖြင့်သာ မောင်းနှင် အသုံးပြုရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် ၂၄၀/၄၈၀ ဗို့မော်တာတွင် ၂၄၀ဗို့ဖြင့်သာ မောင်းနှင်သုံးစွဲ မည်ဟု ဆိုလိုပါသည်။ ဗို့အား နှစ်မျိုးသုံး မော်တာ ဆက်သွယ်ထားပုံအား ပုံ ၄၀.၃ တွင် ပြသထားပါသည်။ မော်တာ၏ ထိပ်စွန်းစများဖြစ်ကြသော T4, T5 နှင့် T6 တို့အား အတူတကွ ချိတ်ဆက်ထားခြင်းအားဖြင့် မော်တာအတွက် သီးခြား Wye ဆက်သွယ်ပုံတစ်ခုအဖြစ် ဖြစ်ပေါ်နေစေပါသည်။

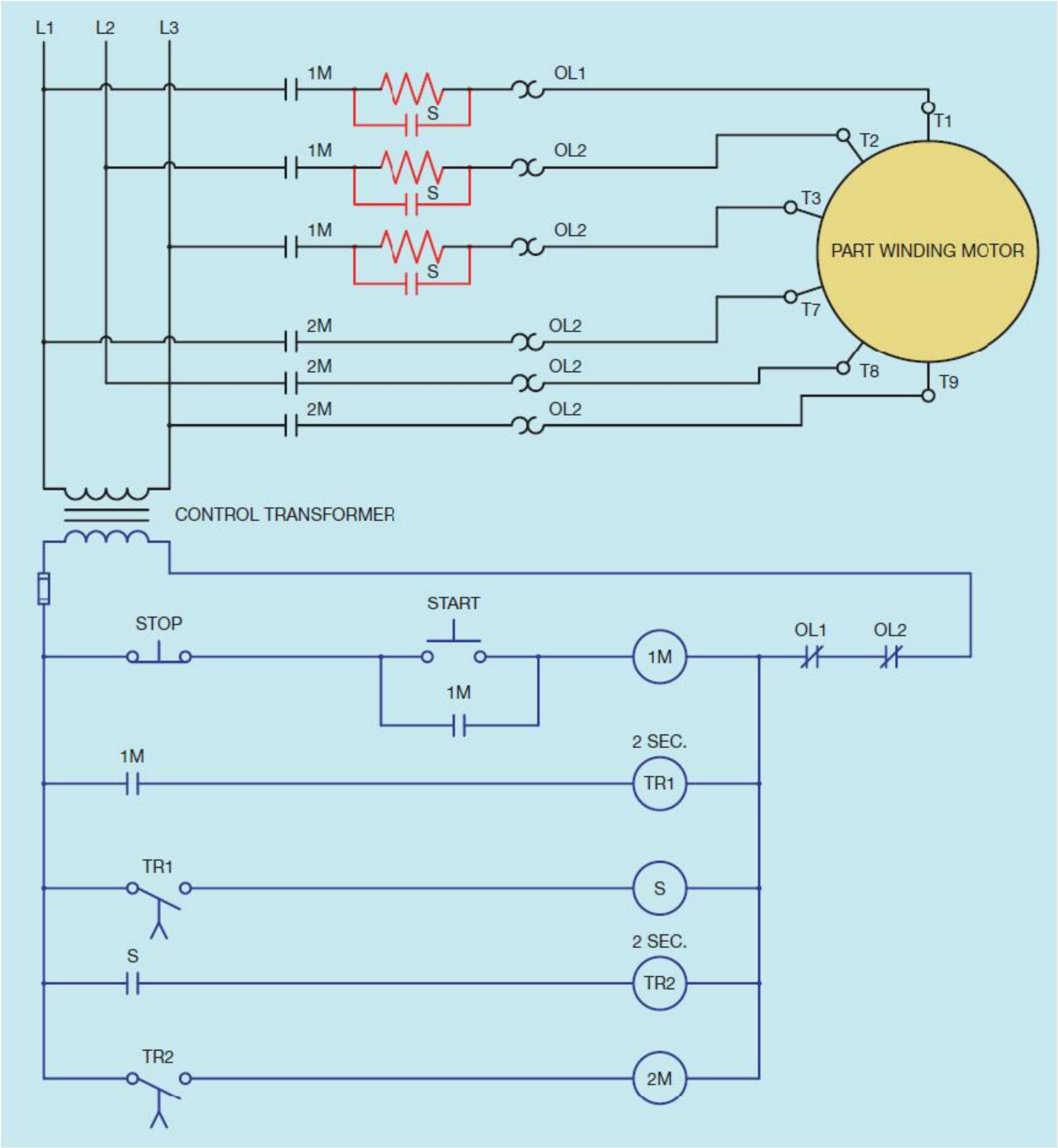
မော်တာအသုံးပြုပုံ

Part winding starting နည်းအား ဗဟိုစွာအားသုံး ပန့်များ၊ ပန်ကာများ နှင့် လေမှုတ်စက်များ ကဲ့သို့သော အရွေ့အားရရှိစေရန်အတွက် သုံးသော မော်တာများတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ယင်းသို့သော မော်တာများအား လေအေးပေးစက်များနှင့် အအေးခန်းကဲ့သို့သော လုပ်ငန်းကဏ္ဍများတွင် အမြဲတမ်းလိုလို အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းတို့အား စတင်မောင်းနှင်ရန်အတွက် အချိန်အလွန်ကြာမြင့်သည့် အင်နားရှားမြင့်သော ဝန်အားများအား စတင်မောင်းနှင်မှုပြုရန်အတွက် သုံးစွဲခြင်း မပြုကြပေ။

အဆင့်သုံးဆင့်ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ခြင်း

Stator winding ၏ အပူဒဏ် ခံနိုင်အား သည် part winding starting အသုံးပြုကာ စတင်မောင်းနှင်သော မော်တာတစ်လုံးအတွက် စတင်မောင်းနှင်ချိန် ကြာမြင့်မှုအပေါ်တွင် များစွာအကန့်အသတ်ဖြစ်စေပါသည်။ ထိုအချက်အား ကျော်လွှားနိုင်စေရန် စတင်မောင်းနှင်သည့်လုပ်ငန်းစဉ်တွင် တတိယအဆင့်တစ်ခု ထည့်သွင်းကာ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် စီးမည့် လျှပ်စီးအား ထပ်မံ ကန့်သတ်နိုင်ပါသည်။ ထိုသို့လုပ်ဆောင်နိုင်ရန်အတွက် မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ချိန်ကာလ အတွင်းတွင် ပုံ ၄၀.၄ အတိုင်း stator winding နှင့်အတူ ခုခံမှုတစ်ခုအား တန်းဆက်ဆက်ပေးထားရပါမည်။ ထိုသို့သော ခုခံမှုများအား အရွယ်အစား သတ်မှတ်ရာတွင် မော်တာပထမဦးဆုံး စတင်မောင်းနှင်ချိန်တွင် stator winding ထံသို့ လိုင်းဗို့အား၏ ၅၀% ရရှိစေရန် ပြုလုပ်ထားကြပါသည်။ ယင်းကြောင့် မော်တာ စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် ခန့်မှန်းခြေအားဖြင့် တူညီသောတိုးနှုံးပမာဏ သုံးခါ ပါရှိသကဲ့သို့ဖြစ်ပါသည်။ ပုံ ၄၀.၄ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် မော်တာ starter 1M သည် energize ဖြစ်သွားကာ stator winding တစ်ခုနှင့် တန်းဆက်ဆက်ထားသော ခုခံမှုမှ တစ်ဆင့် ပါဝါလိုင်းသို့ ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ နှောင်းချိန် time delay ၂ စက္ကန့်လွန်မြောက်သွားပြီးနောက် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော contact TR1 သည် close ဖြစ်သွားကာ contactor S အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ load contact ဖြစ်သော S သည် close ဖြစ်သွားပြီးနောက် resistor အား အပြိုင်အနေအထားဖြင့် ပါဝါလိုင်းမှ ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါသည်။ ယခုအခါတွင် stator winding တစ်ခုသည် လိုင်းဗို့အားအပြည့်ဖြင့် ချိတ်ဆက်ပြီး ဖြစ်ပေသည်။

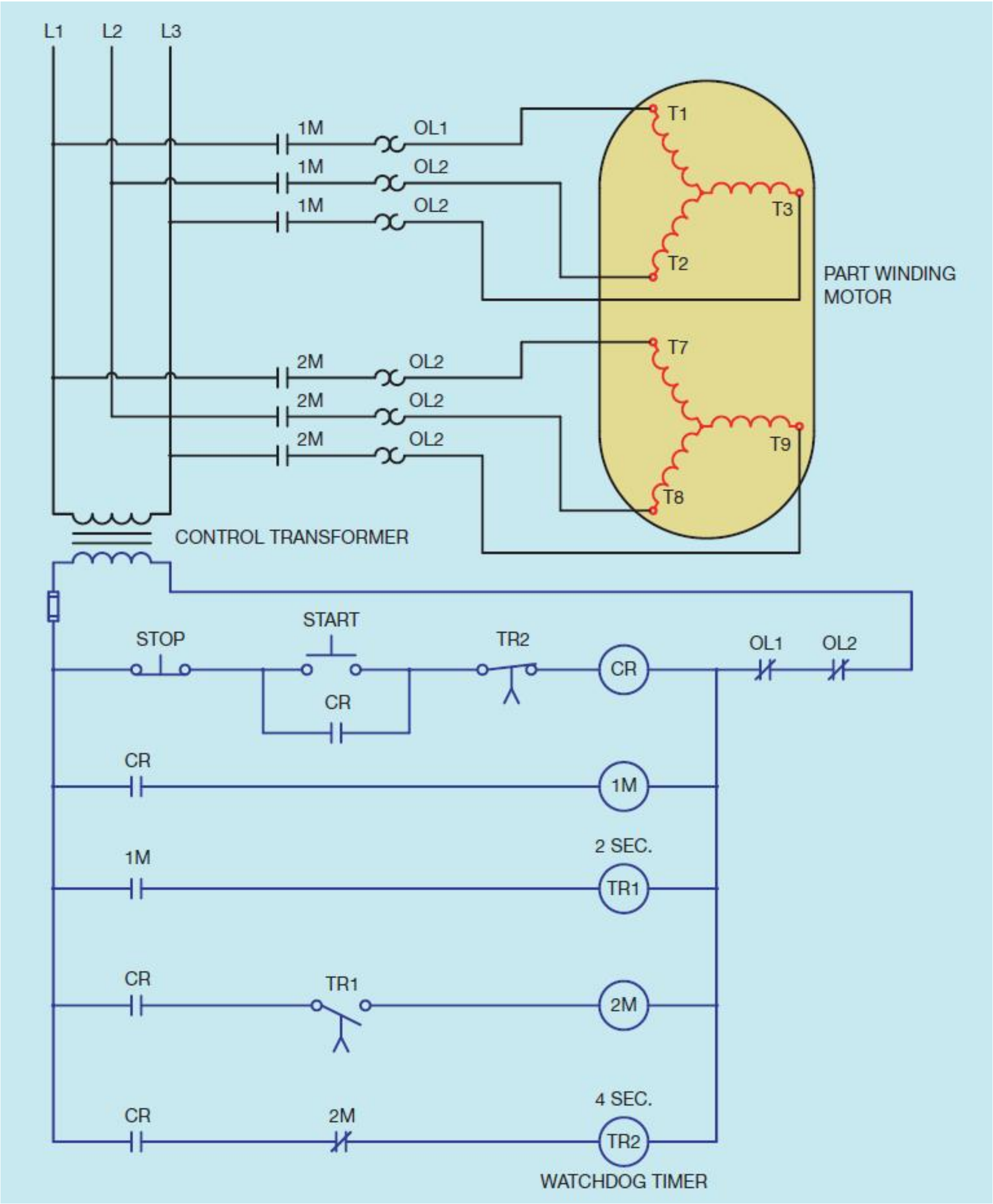
နောက်ထပ် နှောင်းချိန် ၂ စက္ကန့်လွန်မြောက်ပြီးနောက်တွင် မော်တာ starter 2M သည် energize ဖြစ်သွားကာ ဒုတိယ stator winding အား ပါဂါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ ယခုအခါ မော်တာ၏ stator winding နှစ်ခုစလုံးတို့သည် လိုင်းဗို့အား အပြည့်ဖြင့် ချိတ်ဆက်ပြီးဖြစ်ပေသည်။



ပုံ ၄၀.၄ part winding motor တစ်လုံးအား အဆင့်သုံးဆင့်ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ခြင်း

အလိုအလျောက် ရပ်တန့်ခြင်း

Part winding မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည့်နည်းကို အသုံးပြုသော မော်တာများသည် အချိန်အတိုင်း အတာ အပေါ်တွင် အလွန် sensitive ဖြစ်ကာ အပူကြောင့် ပျက်စီးမှု မဖြစ်ပေါ်မီတွင် winding တစ်ခုအား ဆက်သွယ်နိုင်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ အလွန်တိုတောင်းသော အချိန်ပိုင်းလေးအတွင်း ဒုတိယ winding အား ပါဝါလိုင်းဖြင့် မချိတ်ဆက်နိုင်ခဲ့ပါက ပထမ winding သည် ဆိုးဆိုးရွားရွား ပျက်စီးနိုင်ပေသည်။



ပုံ ၄၀.၅ ဒုတိယ winding သည် energize ဖြစ်မလာခဲ့ပါက watchdog timer သည် မော်တာကို ပါဝါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်မှုပြုလုပ်ပုံ

ပထမ winding ပျက်စီးခြင်းအား ကာကွယ်တားဆီးနိုင်ရန်အတွက် အချို့သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းများတွင် timer တစ်ခုပါရှိကာ ဒုတိယ winding သည် ကြိုတင်သတ်မှတ်ထားသော အချိန်အတွင်း energize မဖြစ်ခဲ့ပါက ပါဂါကို ဖြတ်တောက်ပြစ်မည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းသို့သော timer ကို watchdog timer ဟုခေါ်ဆိုကြကာ ယင်းအနေဖြင့် မော်တာ စတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်တိုင်းတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ လုပ်ဆောင်မှု ကောင်းမွန်မှု ရှိမရှိအား စောင့်ကြည့်ပေးပါသည်။ ထိုသို့ စောင့်ကြည့်မှုပါရှိသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၀.၅ တွင် ပြသထားပါသည်။ watchdog timer များအား ဒုတိယ winding စတင် energize ဖြစ်ရန်အတွက် လိုအပ်သော အချိန်၏ နှစ်ဆမျှ ထားရှိကြပါသည်။ start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် watchdog timer မှ ရေတွက်မှုကို စတင်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် ကောင်းမွန်စွာ လုပ်ဆောင်ပါက normally closed ဖြစ်လျှက်ရှိသော 2M auxiliary contact သည် သတ်မှတ်ချိန် မပြည့်မီတွင် timer အားဖြတ်တောက်လိုက်ပြီး control relay CR အား de-energize ဖြစ်စေပါသည်။

အခန်း ၄၁

Consequent Pole မော်တာများ

Consequent pole မော်တာများ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား stator pole များ၏ အရေအတွက်ကို ပြောင်းလဲပေးခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။ အေစီ မော်တာတစ်လုံး၏ synchronous speed အား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အချက်နှစ်ချက် ရှိပါသည်။

၁။ အသုံးပြုရန်ပေးလိုက်ရသော supply ဗို့အား၏ ဖရီကွင်စီ

၂။ phase တစ်ခုတွင်ရှိသည့် stator pole အရေအတွက်

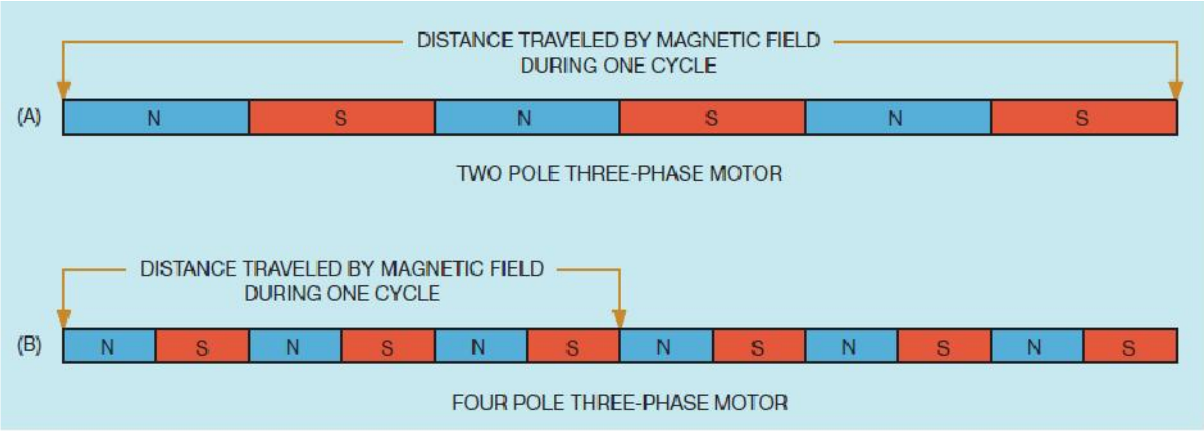
၆၀ ဟာ့ဇ် နှင့် ၅၀ ဟာ့ဇ် တို့ အသုံးပြုသော မော်တာများ၏ synchronous speed အတွက် လိုအပ်သော မတူကွဲပြားသည့် pole အရေအတွက် တို့အား ပြသထားသော ဇယားအား ပုံ ၄၁.၁ တွင် မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။

STATOR POLES PER PHASE	SPEED IN RPM	
	60 HZ.	50 HZ.
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750

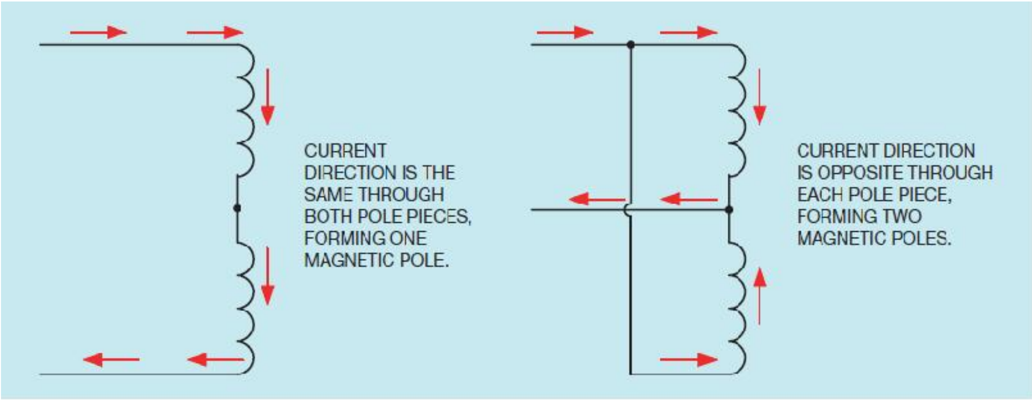
ပုံ ၄၁.၁ synchronous speed အား frequency နှင့် phase တစ်ခုတွင်ရှိသော stator pole အရေအတွက်အားဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပါသည်။

pole နှစ်ခုပါသော ကြိုးသွင် (three phase) မော်တာတစ်လုံးတွင် အမှန်တစ်ကယ်အားဖြင့် pole ခြောက်ခုပါရှိပါသည်။ မော်တာတစ်ပတ်အပြည့်လည်ပတ်သည်နှင့် သံလိုက်စက်ကွင်းသည်လည်း pole

နှစ်ခုပါ မော်တာတွင် တစ်ပတ်လည်စေပါသည်။ မော်တာ၏ stator အား ဖြတ်ပိုင်းအနေအထားဖြင့် အပြားလိုက်ဖြန့်ချထားလိုက်သော ပုံတွင် သံလိုက်စက်ကွင်းသည် အလျားတစ်ခုလုံး တပတ်စာ ဖြန့်ကျက်သွားသည်ကို ပြသထားပါသည် (ပုံ ၄၁.၂ အေ)။ (ပုံ ၄၁.၂ ဘီ) တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း stator pole များအား phase တစ်ခုစာအတွက် နှစ်ဆ တိုးမည်ဆိုပါက သံလိုက်စက်ကွင်း တစ်ပတ်စာလည်ပတ်မှုအတွက် တူညီသော stator pole အရေအတွက် အပေါ်တွင်သာ ဖြန့်ကျက်သွားပေမည်။



ပုံ ၄၁.၂ သံလိုက်စက်ကွင်းသည် တစ်ပတ်အပြည့်အတွက် တူညီသော pole အရေအတွက်အတိုင်း ခရီးသွားပါမည်။

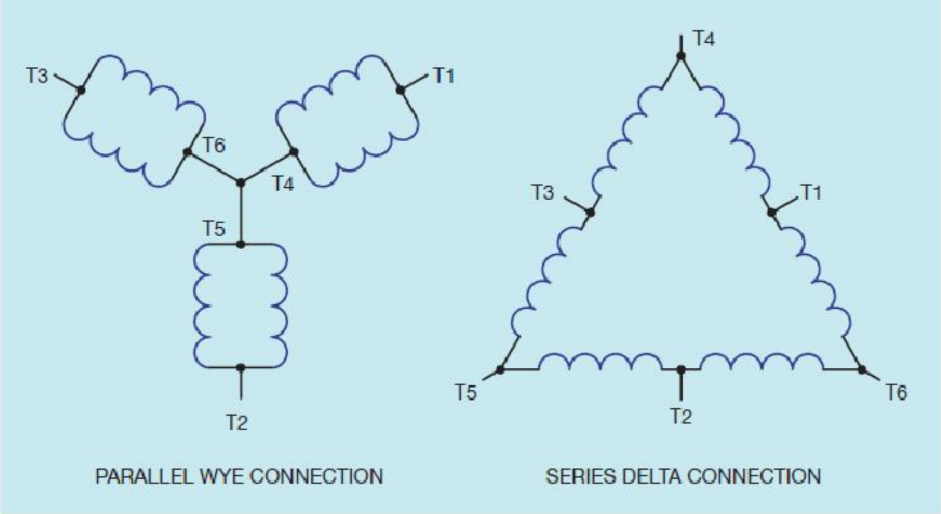


ပုံ ၄၁.၃ လျှပ်စီး စီးဆင်းမှု ဦးတည်ရာသည် pole အရေအတွက်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးပါသည်။

pole အရေအတွက်သည် နှစ်ဆဖြစ်သည့်အတွက် သံလိုက်စက်ကွင်း တစ်ပတ်အပြည့်လည်ရန်အတွက် တစ်ဝက်မျှသာ ခရီးသွားရန် လိုအပ်ပေသည်။ consequent pole မော်တာတို့၏ အခြားသော လည်ပတ်နှုန်းပြောင်းလဲနိုင်သော အေစီလျှပ်စီးသုံးသော မော်တာအမျိုးအစားများ ထက် ပိုမိုကောင်းမွန်သော

အချက်မှာ ယင်းတို့သည် လည်ပတ်နှုန်းကျဆင်းသွားသော်လည်း ယင်းတို့၏ မြင့်မားသော torque အား ထိမ်းထားနိုင်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။

ပုံ ၄၁.၃ တွင်ပြထားသည့်အတိုင်း pole အတွဲများအတွင်းစီးမည့် လျှပ်စီး၏ ဦးတည်ရာအား ပြန်လည်ပြောင်းလဲလိုက်ခြင်းဖြင့် stator pole အရေအတွက်သည် ပြောင်းလဲသွားပါသည်။ pole နှစ်ခုအတွင်း လျှပ်စီးသည် ဦးတည်ရာတူညီစွာ စီးဆင်းသွားပါက ယင်းနှစ်ခုစလုံးတို့သည် တူညီသော သံလိုက်ဝင်ရိုးစွန်းအဖြစ်ကို ရရှိစေကာ သဘာဝအားဖြင့် pole တစ်ခုတည်းအဖြစ်သာ ဖြစ်စေပါသည်။ လျှပ်စီး၏ ဦးတည်ရာသည် pole တစ်ခုစီအတွက် ဆန့်ကျင်ဖက်ဖြစ်ခဲ့ပါက ယင်းတို့သည် ဆန့်ကျင်ဖက် သံလိုက်ဝင်ရိုးစွန်းများအားဖြစ်စေကာ သဘာဝအားဖြင့် pole နှစ်ခုအားဖြစ်စေပါသည်။



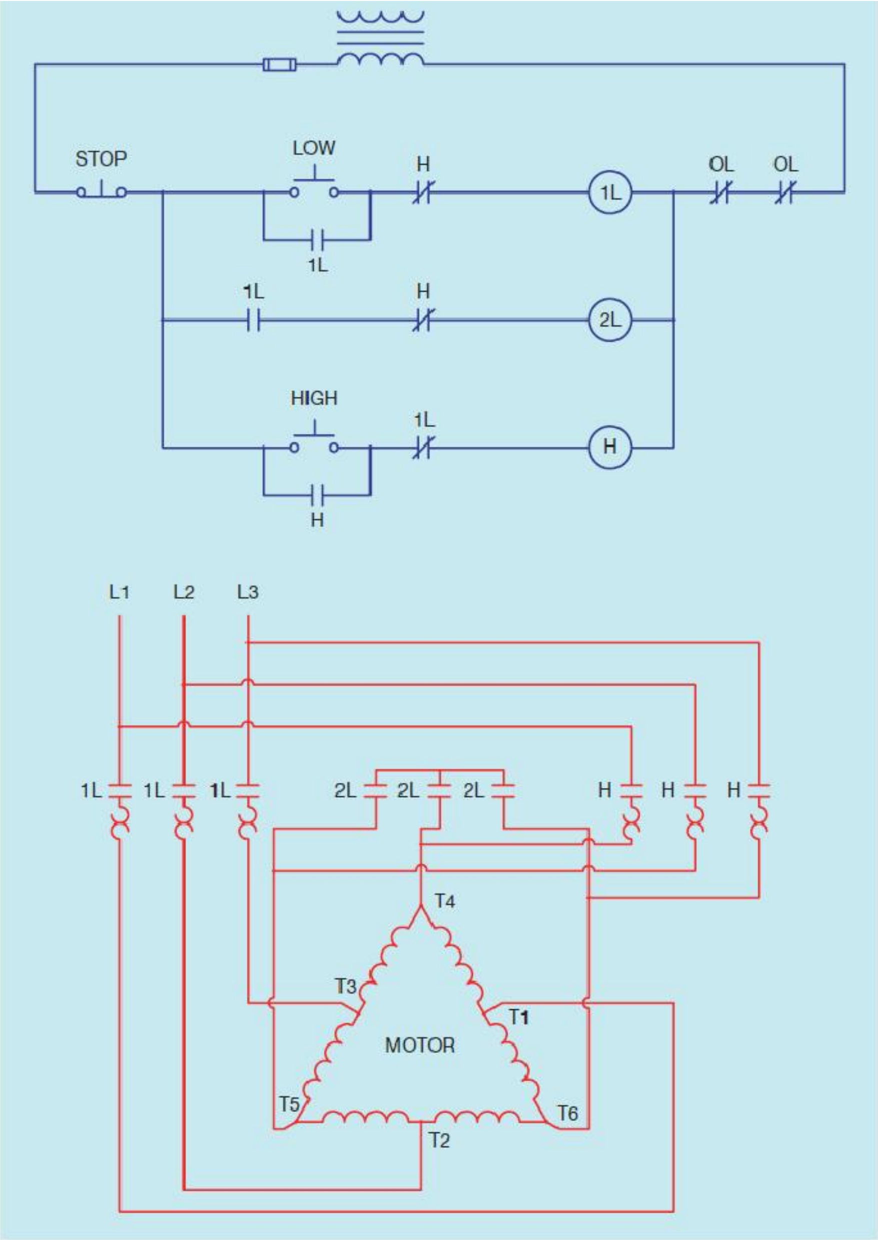
ပုံ ၄၁.၄ stator winding များအား Wye သို့မဟုတ် Delta တစ်ခုခုအားဖြင့် အပြိုင်ဆက်သွယ်နိုင်ပါသည်။

လည်ပတ်နှုန်း နှစ်မျိုးဖြင့် လည်ပတ်သော consequent pole မော်တာများတွင် ပြန်လည်ဆက်သွယ် ရရှိနိုင်သော stator winding တစ်ခုပါရှိပါသည်။ ယင်း လည်ပတ်နှုန်း နှစ်မျိုးဖြင့် လည်ပတ်သော မော်တာ၏ ထိပ်စွန်းများ ဆက်သွယ်သော box အတွင်းတွင် T ထိပ်စွန်း ခြောက်ခု ပါရှိပါသည်။ မော်တာအား တန်းဆက် Delta ပုံစံဖြစ်စေ၊ ပြိုင်ဆက် Wye ပုံစံဖြစ်စေ ဆက်သွယ်ရရှိနိုင်ပါသည် (ပုံ ၄၁.၄)။

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	———	T4, T5, T6
HIGH	T4	T5	T6	ALL OTHERS	

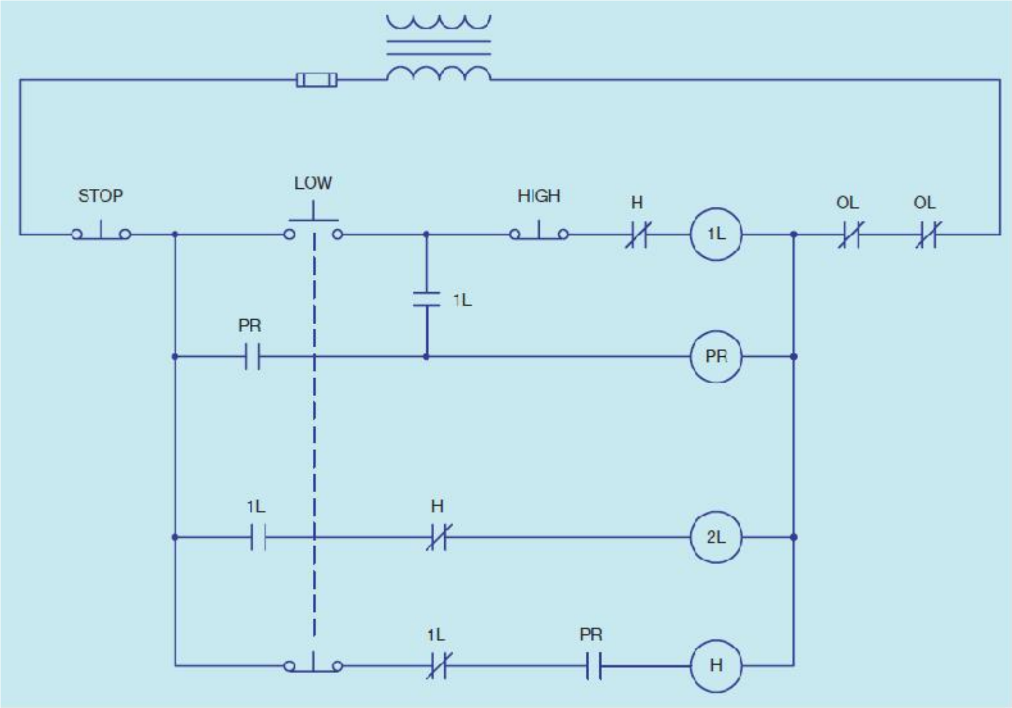
ပုံ ၄၁.၅ လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုး ရရှိစေသော consequent pole မော်တာ တစ်လုံး ၏ ဆက်သွယ်မှုပြသောပုံ

မော်တာအား ထိုသို့ ပတ်ထားခြင်းအားဖြင့် တန်းဆက် Delta ဆက်သွယ်မှုသည် မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းကို ရရှိစေကာ ပြိုင်ဆက် Wye ပုံစံဆက်သွယ်မှုကြောင့် လည်ပတ်နှုန်းအနိမ့်ကို ရရှိစေပါသည်။ မည်သို့ဆက်သွယ်သည်ဖြစ်စေကာမူ မော်တာ၏ မြင်းကောင်ရေအားမှာမူ အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ winding ပတ်ထားရာတွင် တန်းဆက် Delta သည် နှေးသောလည်ပတ်နှုန်းကိုဖြစ်စေကာ ပြိုင်ဆက် Wye သည် မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းကိုဖြစ်စေပါက ထိုသို့သော လည်ပတ်နှုန်းနှစ်ခုစလုံးတို့အတွက် torque သည် တူညီပေမည်။



ပုံ ၄၁.၆ consequent pole မော်တာ တစ်လုံးအတွက် လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုးရရှိစေသော control

လည်ပတ်နှုန်းနှစ်ခုဖြင့် လည်ပတ်သော consequent pole မော်တာတို့သည် လည်ပတ်နှုန်းအချိုး ၂း၁ ကို ပေးစွမ်းနိုင်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုးဖြင့်လည်ပတ်သော consequent pole မော်တာတို့သည် synchronous speed အားဖြင့် တစ်မိနစ်လည်ပတ်နှုန်း ၃၆၀၀ နှင့် ၁၈၀၀ သို့မဟုတ်၊ ၁၈၀၀ နှင့် ၉၀၀ သို့မဟုတ် ၁၂၀၀ နှင့် ၆၀၀ စသည်ဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုးဖြင့် လည်ပတ်သော consequent pole မော်တာ ဆက်သွယ်မှု ပုံအား ပုံ ၄၁.၅ တွင် ပြသထားပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုး မော်တာတစ်လုံးအတွက် စံပြ controller တစ်လုံးအား ပုံ ၄၁.၆ တွင် ပြသထားပါသည်။ မှတ်သားရန်မှာ လည်ပတ်နှုန်း အနိမ့်အတွက် ဆက်သွယ်ရာတွင် load contact ခြောက်ခုလိုအပ်မည်ဖြစ်ကာ သုံးခုအား L1, L2 နှင့် L3 မှ T1, T2 နှင့် T3 တို့ထံသို့ဆက်သွယ်ကာ အခြားသုံးခုမှာမူ T4, T5 နှင့် T6 တို့အား ပတ်လမ်းတိုဖြစ်စေရန်အတွက် အတူတကွစုစည်းပါသည်။ load contact ခြောက်ခုပါရှိသော contactor များအား ရရှိနိုင်သော်လည်း သီးခြား pole သုံးခုပါ contactor အား အမြဲလိုလိုသုံးနေကျ နည်းစဉ်တစ်ခုအဖြစ် သုံးစွဲကာ T4, T5 နှင့် T6 တို့အား ပတ်လမ်းတိုဖြစ်စေပါသည်။



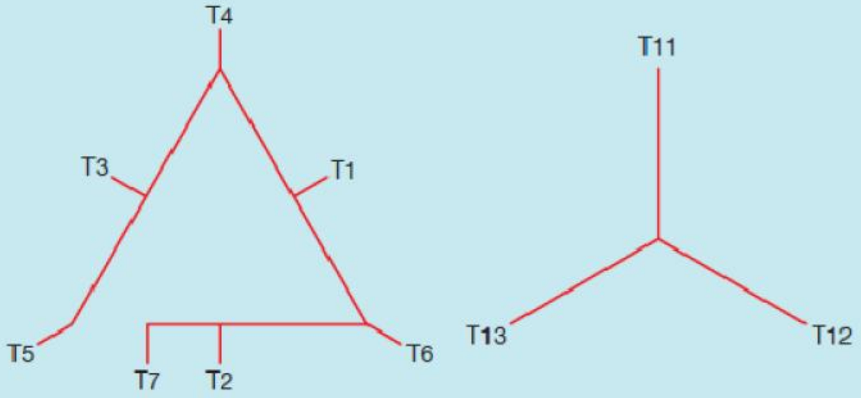
ပုံ ၄၁.၇ မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်း မရရှိသေးမီတွင် မော်တာအား နိမ့်ပါးသော လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ရပါမည်။

ပုံ ၄၁.၆ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် လည်ပတ်နှုန်းတစ်မျိုးမှ နောက်တစ်မျိုးသို့ မပြောင်းလဲမီတွင် stop button အား နှိပ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ နောက်ထပ် control လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်မျိုး

အား ပုံ ၄၁.၇ တွင် ပြသထားကာ ယင်းသည် မော်တာအရှိန်ရကာ မြင့်မားသောလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် မမောင်းနှင်မီ စတင်မောင်းနှင်စဉ်ကာလတွင် လည်ပတ်နှုန်းအနိမ့်ဖြင့် စတင်လည်ပတ်စေပါသည်။ မော်တာအရှိန်ရရှိပြီး ဒုတိယလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် မလည်ပတ်မီတွင် stop button အား နှိပ်ရန် မလိုအပ်ပေ။ ထိုသို့သော လုပ်ဆောင်ပုံသဘာဝ ရရှိစေရန် permissive relay (PR) တစ်လုံးအား အသုံးပြုပါသည်။ မော်တာသည် အရှိန်ရပြီးနောက် မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်ပြီးနောက် လည်ပတ်နှုန်းအနိမ့်အား အလိုရှိပါက low push button အား နှိပ်ပေးရပါမည်။ load connection များမှာမူ ပုံ ၄၁.၆ တွင် ပြသထားသည်နှင့် အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။

လည်ပတ်နှုန်းသုံးမျိုး consequent pole မော်တာများ

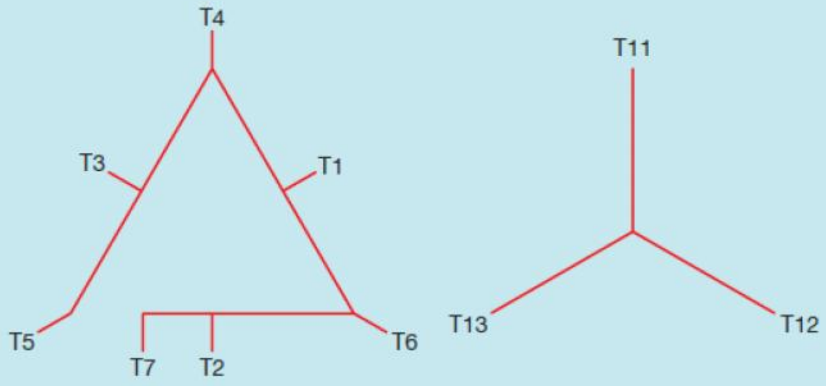
လည်ပတ်နှုန်းသုံးမျိုး ဖြင့်လည်ပတ်စေရန် ရည်ရွယ်ထားသော consequent pole မော်တာများ တွင် သီးခြား stator winding နှစ်ခုပါရှိပါသည်။ winding တစ်ခုသည် လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုး မော်တာမှာကဲ့သို့ ပြန်လည်ဆက်သွယ်နိုင်မှုရှိရပါမည်။ ဒုတိယ winding မှာမူ တစ်စုံတစ်ရာသော poles အရေအတွက် ပတ်ထားခြင်းဖြစ်ကာ ပြန်လည်ဆက်သွယ်မှုပြုလုပ်ရန် မဟုတ်ပေ။ stator winding တစ်ခုသည် pole ခြောက်ခုစာအတွက် ပတ်ထားကာ ဒုတိယ မှာမူ pole နှစ်ခု သို့မဟုတ် လေးခုအား ပြန်လည်ဆက်သွယ်နိုင်သော အခြေအနေဖြစ်ပါက မော်တာသည် synchronous speed အားဖြင့် ၆၀ဟာ့ဇ် တွင် တစ်မိနစ်လျှင် လည်ပတ်နှုန်း ၃၆၀၀၊ ၁၈၀၀ သို့မဟုတ် ၁၂၀၀ ရရှိနိုင်ပါသည်။ ပြန်လည်ဆက်သွယ်ရရှိနိုင်သော winding အား pole လေးခု သို့မဟုတ် ရှစ်ခု ဆက်သွယ်မှုအတွက် ပတ်ထားခဲ့ပါက မော်တာသည် synchronous speed အားဖြင့် တစ်မိနစ်လျှင် ၁၈၀၀၊ ၁၂၀၀ သို့မဟုတ် ၉၀၀ တို့ကို ရရှိမည်ဖြစ်ပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်း သုံးမျိုးရရှိစေသော consequent pole မော်တာများအား တသမတ်မြင်းကောင်ရေ၊ တသမတ် torque၊ သို့မဟုတ် ပြောင်းလဲနိုင်သော torque ရရှိစေရန် ပတ်ထားကြပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်း သုံးမျိုးအတွက် မတူကွဲပြားသော ဆက်သွယ်မှုပုံစံများ၊ winding နှစ်ခုပါ consequent pole မော်တာများ အား ပုံ ၄၁.၈ (က) မှ ၄၁.၈ (ဈ) အထိ ဥပမာအနေဖြင့် နားလည်စေနိုင်ရန် ပြသထားပါသည်။



WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	T4, T5, T6, T7
2ND	T6	T4	T5, T7	ALL OTHERS	————
HIGH	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————

ပုံ ၄၁.၈ (က) တသမတ် မြင်းကောင်ရေ



WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

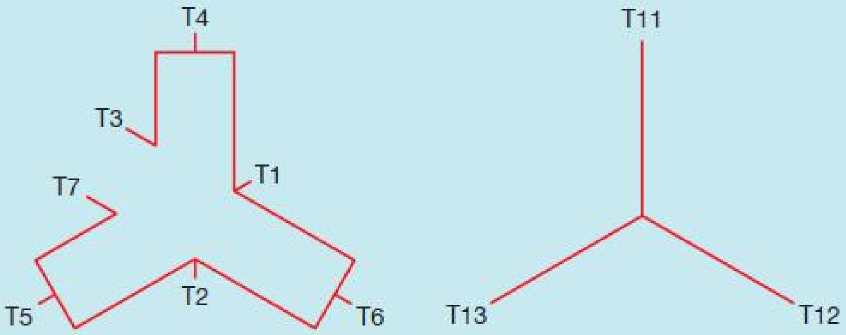
SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	T4, T5, T6, T7
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————
HIGH	T6	T4	T5, T7	ALL OTHERS	————

ပုံ ၄၁.၈ (ခ) တသမတ် မြင်းကောင်ရေ

WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	————
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	T14, T15, T16, T17
HIGH	T16	T14	T15, T17	ALL OTHERS	————

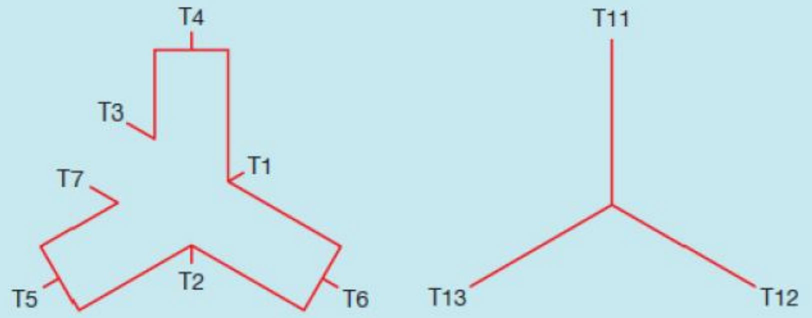
ပုံ ၄၁.၈ (ဂ) တသမတ် မြင်းကောင်ရေ



WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3, T7	ALL OTHERS	————
2ND	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3, T7
HIGH	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————

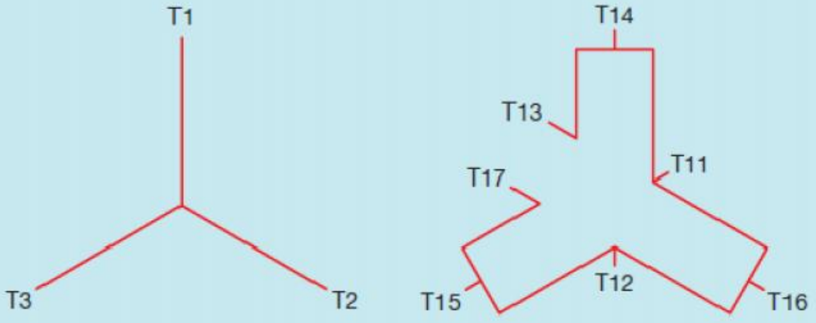
ပုံ ၄၁.၈ (ဃ) တသမတ် torque



WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3, T7	ALL OTHERS	————
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————
HIGH	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3, T7

ပုံ ၄၁.၈ (င) တသမတ် torque



WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	————
2ND	T11	T12	T13, T17	ALL OTHERS	————
HIGH	T16	T14	T15	ALL OTHERS	T11, T12, T13, T17

ပုံ ၄၁.၈ (စ) တသမတ် torque

WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

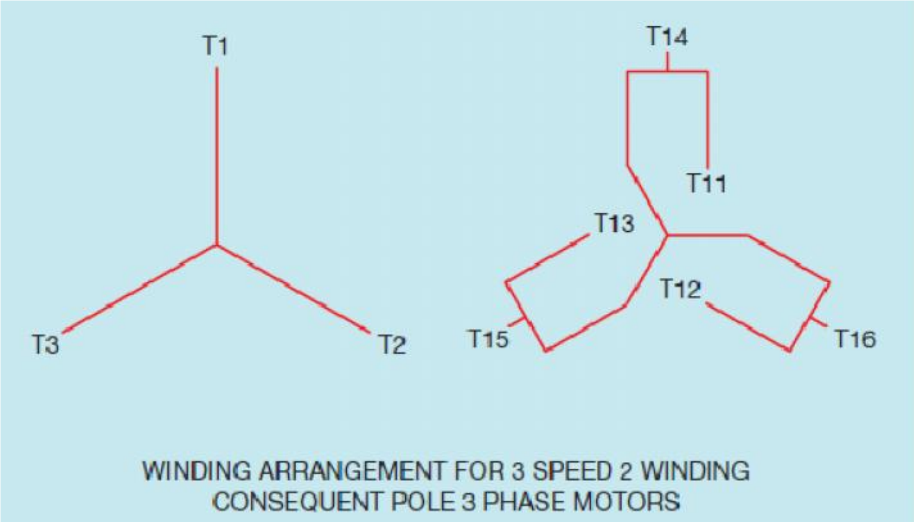
SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	————
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————
HIGH	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3

ပုံ ၄၁.၈ (ဆ) ပြောင်းလဲသော torque

WINDING ARRANGEMENT FOR 3 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTORS

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	————
2ND	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3
HIGH	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————

ပုံ ၄၁.၈ (ဇ) ပြောင်းလဲသော torque



SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	———
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	———
HIGH	T16	T14	T15	ALL OTHERS	T11, T12, T13

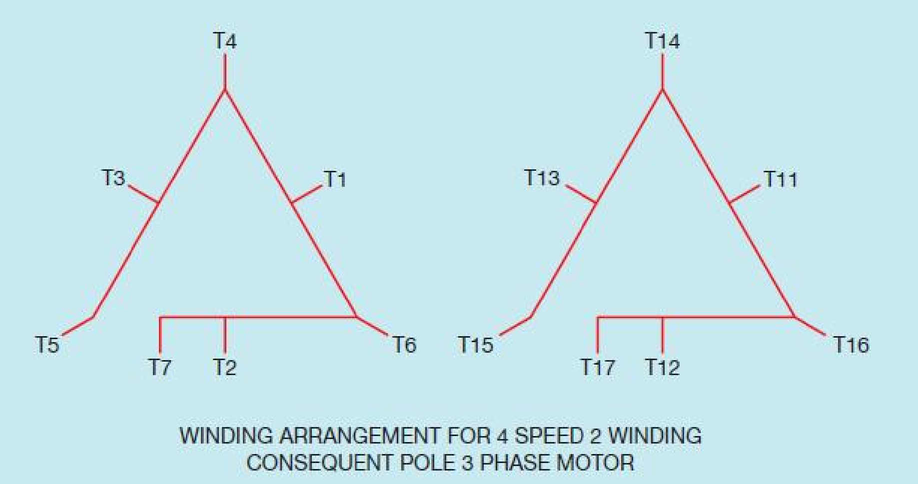
ပုံ ၄၁.၈ (ဈ) ပြောင်းလဲသော torque

လည်ပတ်နှုန်းလေးမျိုး consequent pole မော်တာများ

လည်ပတ်နှုန်းလေးမျိုး ဖြင့်လည်ပတ်စေရန် ရည်ရွယ်ထားသော consequent pole မော်တာများ သည် ပြန်လည်ဆက်သွယ်နိုင်သော winding နှစ်ခုကို အသုံးပြုပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုး သို့မဟုတ် လည်ပတ်နှုန်း သုံးမျိုး မော်တာများမှာကဲ့သို့ လည်ပတ်နှုန်း လေးမျိုး မော်တာများအား တသမတ်မြင်းကောင်ရေ၊ တသမတ် torque၊ သို့မဟုတ် ပြောင်းလဲနိုင်သော torque ရရှိစေရန် ပတ်ထားကြပါသည်။ တြိသွင်၊ winding နှစ်ခုပါ လည်ပတ်နှုန်း လေးမျိုးအတွက် consequent pole မော်တာများ အား ပုံ ၄၁.၉ (က) မှ ၄၁.၉ (စ) အထိ ဥပမာအနေဖြင့် နားလည်စေနိုင်ရန် ပြသထားပါသည်။

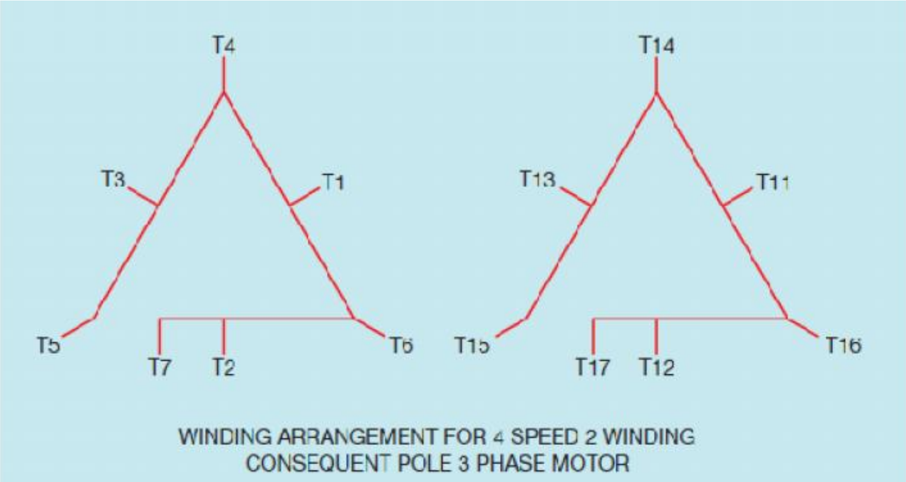
လည်ပတ်နှုန်း လေးမျိုးဖြင့် လည်ပတ်နိုင်သော တြိသွင် consequent pole မော်တာတစ်လုံး၏ control လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၁.၁၀ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်း control သည် button အား ရွေးချယ်ကာ နှိပ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် မိမိအလိုရှိသော လည်ပတ်နှုန်းအား ရရှိစေပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် stacked push buttons များအား အသုံးပြုကာ ရွေးချယ်လိုက်သော လည်ပတ်နှုန်းအတွက် energize ဖြစ်စေရန် starter မှ control မလုပ်မီတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ဖြတ်တောက်ပေးပါသည်။ electrical interlock များအားလည်း အသုံးပြုကာ လည်ပတ်နှုန်းနှစ်ခုတို့ တစ်ချိန်တည်းတွင် energize

မဖြစ်စေရန်အတွက် ပိုမို သေချာစေပါသည်။ ပင် ၁၁ ခုပါ control relay များအား (ယင်းတို့တွင် contact သုံးစုံပါရှိသည့်အတွက်) အသုံးပြုကာ interlock protection ကို ရရှိစေပါသည်။



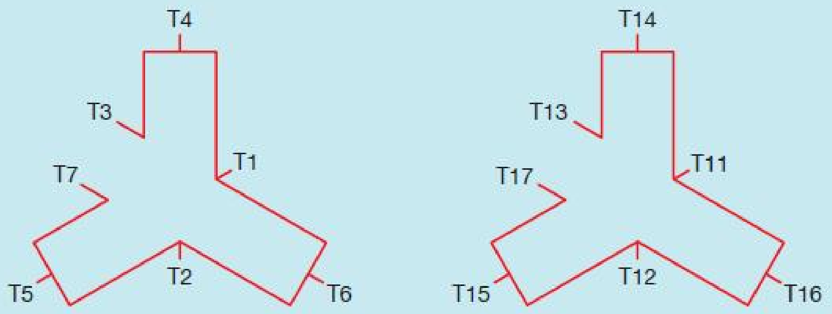
SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	T4, T5, T6, T7
2ND	T6	T4	T5, T7	ALL OTHERS	————
3RD	T11	T12	T13	ALL OTHERS	T14, T15, T16, T17
HIGH	T16	T14	T15, T17	ALL OTHERS	————

ပုံ ၄၁.၉ (က) တသမတ် မြင်းကောင်ရေ



SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	T4, T5, T6, T7
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	T14, T15, T16, T17
3RD	T6	T4	T5, T7	ALL OTHERS	————
HIGH	T16	T14	T15, T17	ALL OTHERS	————

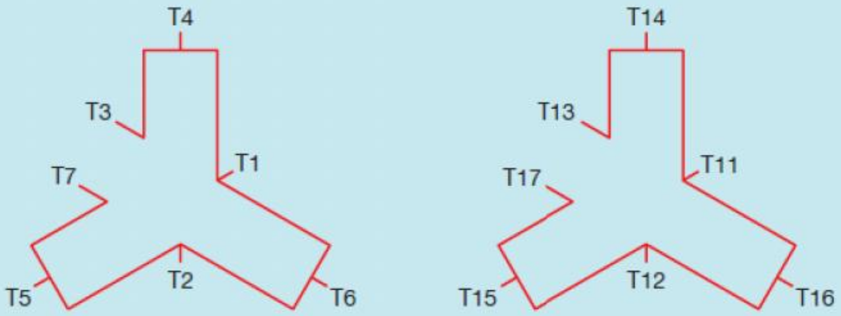
ပုံ ၄၁.၉ (ခ) တသမတ် မြင်းကောင်ရေ



WINDING ARRANGEMENT FOR 4 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTOR

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3, T7	ALL OTHERS	———
2ND	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3, T7
3RD	T11	T12	T13, T17	ALL OTHERS	———
HIGH	T16	T14	T15	ALL OTHERS	T11, T12, T13, T17

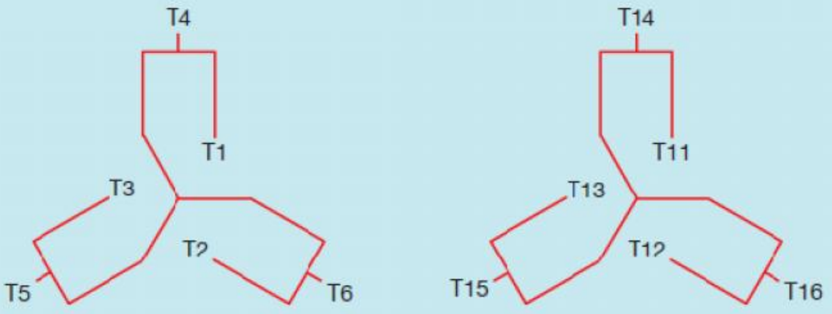
ပုံ ၄၁.၉ (ဂ) တသမတ် torque



WINDING ARRANGEMENT FOR 4 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTOR

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3, T7	ALL OTHERS	———
2ND	T11	T12	T13, T17	ALL OTHERS	———
3RD	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3, T7
HIGH	T16	T14	T15	ALL OTHERS	T11, T12, T13, T17

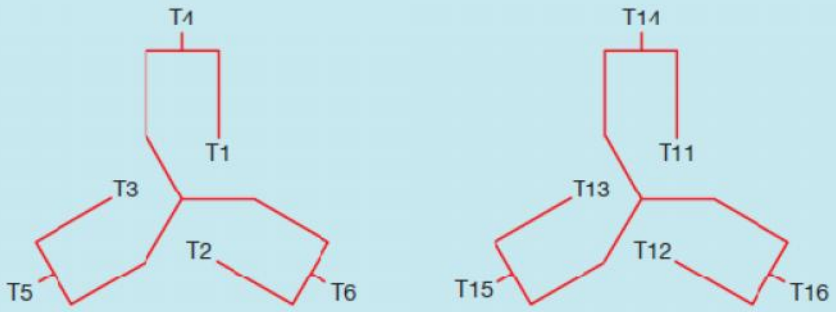
ပုံ ၄၁.၉ (ဃ) တသမတ် torque



WINDING ARRANGEMENT FOR 4 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTOR

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	————
2ND	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3
3RD	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————
HIGH	T16	T14	T15	ALL OTHERS	T11, T12, T13

ပုံ ၄၁.၉ (င) ပြောင်းလဲသော torque

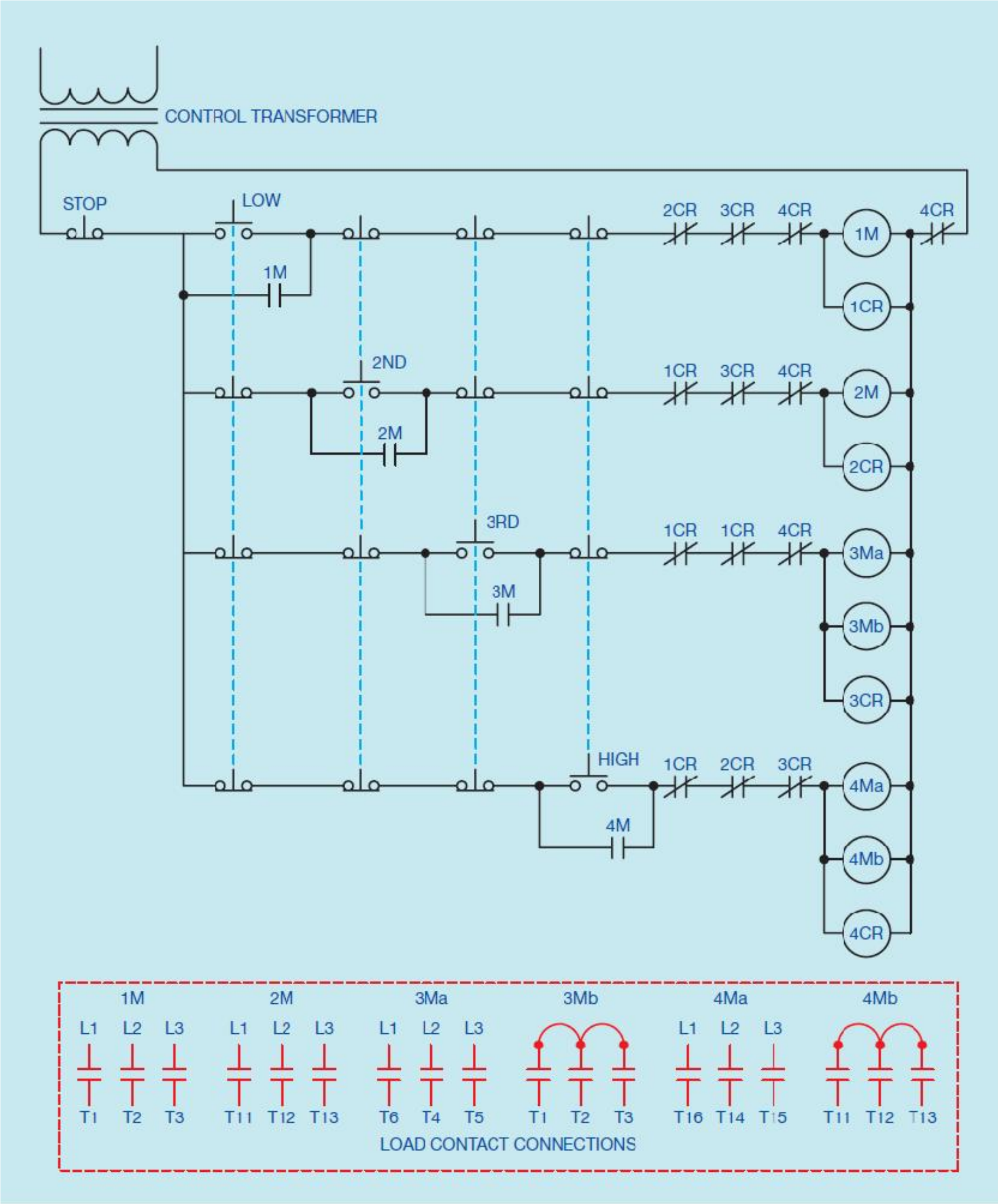


WINDING ARRANGEMENT FOR 4 SPEED 2 WINDING
CONSEQUENT POLE 3 PHASE MOTOR

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	ALL OTHERS	————
2ND	T11	T12	T13	ALL OTHERS	————
3RD	T6	T4	T5	ALL OTHERS	T1, T2, T3
HIGH	T16	T14	T15	ALL OTHERS	T11, T12, T13

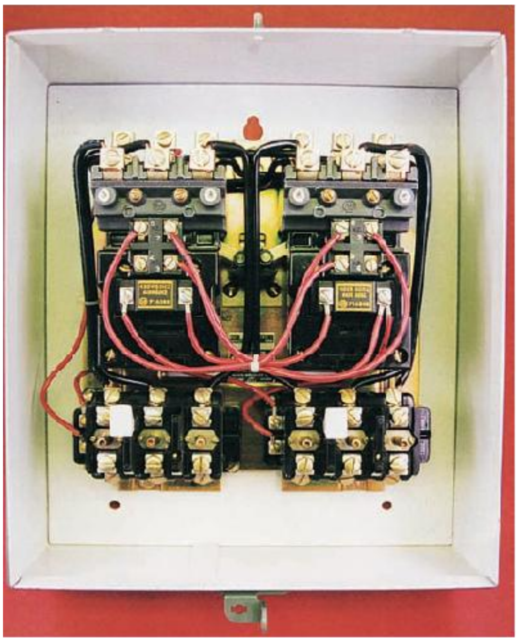
ပုံ ၄၁.၉ (စ) ပြောင်းလဲသော torque

Load contact အား ဆက်သွယ်ထားပုံကို ပုံ ၄၁.၁၀ တွင် ပြသထားပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် ပုံ ၄၁.၉ (စ) တွင်ပြသထားသော ဆက်သွယ်ပုံနှင့် တူညီသည်ဟု ယူဆရနိုင်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းရှိ starter များနှင့် contactor များ တစ်ခုစီတွင် load contact သုံးခုစီပါရှိသည်ဟု ယူဆရပါသည်။ မှတ်သားရန်မှာ 3RD လည်ပတ်နှုန်းနှင့် HIGH လည်ပတ်နှုန်းတို့သည် လိုအပ်သော load contact များအတွက် လျှပ်စစ်ဓါတ်အား ပေးပို့နိုင်စေရန်အတွက် contactor နှစ်ခု လိုအပ်ပါသည်။

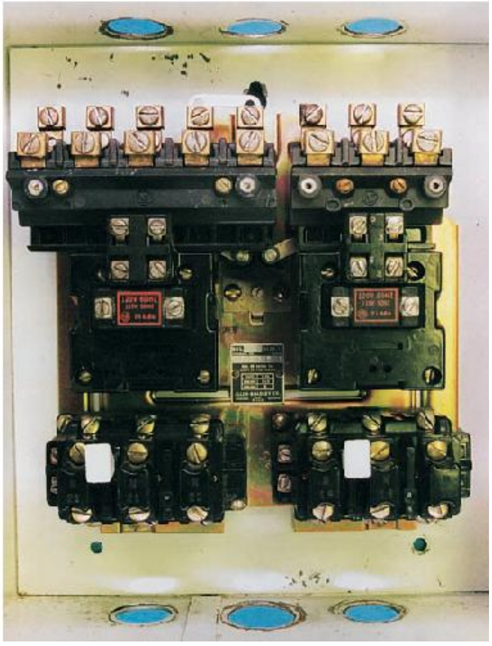


ပုံ ၄၁.၁၀ pushbutton ဖြင့် control လုပ်သော လည်ပတ်နှုန်းလေးမျိုးရရှိနိုင်သည့် three phase – consequent pole မော်တာ

လည်ပတ်နှုန်းနှစ်မျိုး၊ winding နှစ်ခု ပါရှိသော မော်တာအတွက် controller နှင့် လည်ပတ်နှုန်း နှစ်မျိုး၊ winding တစ်ခုသာပါသော မော်တာအတွက် controller တို့အား ပုံ ၄၁.၁၁ နှင့် ၄၁.၁၂ တို့တွင် ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၄၁.၁၁ လည်ပတ်နှုန်း နှစ်မျိုး ရရှိစေသော winding နှစ်ခုပါ မော်တာ အတွက် controller ကို cabinet အတွင်း ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ထားပုံ



ပုံ ၄၁.၁၂ လည်ပတ်နှုန်း နှစ်မျိုး ရရှိစေသော winding တစ်ခုတည်းသာပါရှိသည့် မော်တာ အတွက် controller ကို cabinet အတွင်း ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ထားပုံ

အခန်း ၄၂

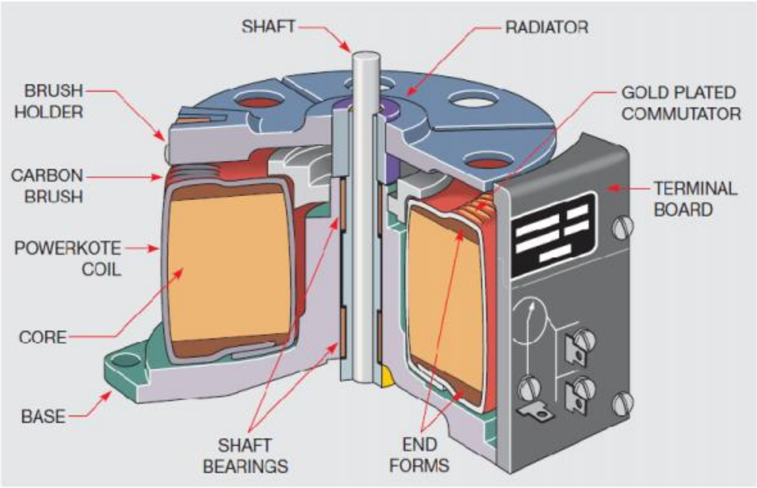
ပြောင်းလဲ ဗို့အား နှင့် သံလိုက် Clutch များ

အခန်း ၄၁ တွင် ဖွေ့စ်တစ်ခုစီရှိ stator pole အရေအတွက် ပြောင်းလဲသွားခြင်းကြောင့် လည်ပတ်နှုန်း ပြောင်းသွားသည့် Consequent pole မော်တာများ၏ လုပ်ဆောင်ပုံကို ဆွေးနွေးခဲ့ပြီးဖြစ်ပါသည်။ ယင်းသည် မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား ထိန်းချုပ်နိုင်ရန် နည်းလမ်းတစ်ခုဖြစ်သော်လည်း ယင်းသို့သော နည်းတစ်ခုတည်းရှိသည်တော့ မဟုတ်ပေ။ များစွာသော ဧကသွင် (single phase) မော်တာတို့အား ယင်းတို့အား ပေးသွင်းသော ဗို့အားပမာဏအား ပြောင်းလဲပေးခြင်းအားဖြင့် လည်ပတ်နှုန်းပြောင်းလဲ သွားစေရန် ပြုလုပ်နိုင်ပါ သည်။ ယင်းသို့သော နည်းလမ်းသည် မော်တာ၏ သံလိုက်စက်ကွင်း လည်ပတ်နှုန်း အား ပြောင်းလဲ မသွားသော်လည်း စက်ကွင်းကိုမူ အားနည်းသွားစေပါသည်။ ထို့ကြောင့် rotor slip သည် ကြီးလာကာ မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား လျော့ကျစေပါသည်။

ပြောင်းလဲသော ဗို့အား (variable voltage) ဖြင့် control ပြုလုပ်ခြင်းအား ပန်ကာများ နှင့် လေမှုတ်စက်များ အစရှိသည့် ဂန်အားသေးငယ်သည့် မြင်းကောင်ရေအား အစိတ်အပိုင်းမျှသာရှိသော မော်တာငယ်များတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ပြောင်းလဲသော ဗို့အားကို အသုံးပြုကာ မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်နိုင်ရန် ရည်ရွယ်ထားသော မော်တာများအား stator ၏ အင်ပီးဒန့်စ် (impedance) အား မြင့်မားစေရန် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ stator ၏ အင်ပီးဒန့်စ် တန်ဖိုးမြင့်မားမှုကြောင့် rotor လည်ပတ်မှု နိမ့်ဆင်းသွားပါက လျှပ်စီး စီးဆင်းမှု များပြားလာမှုအား တားဆီးမှုပြုပေးနိုင်ပါသည်။ အင်ပီးဒန့်စ် မြင့်မားသော stator winding များ မော်တာ တွင်ပါရှိနေခြင်းက ယင်းတို့မှ ထုတ်လုပ်ပေးမည့် torque တန်ဘိုးကို အလွန်ကန့်သတ်မှုပြုပေသည်။ ထိုသို့သော မော်တာများအား ဂန်အားထပ်တိုးလိုက်သောအခါတွင် ယင်းတို့၏ လည်ပတ်နှုန်းသည် သိသိသာသာ လျော့ကျသွားပါသည်။

ဗဟိုခွာအား (centrifugal force) အသုံးပြုကာ stator winding အား ဖယ်ရှားသော ဧကသွင် မော်တာများ အား variable voltage control ဖြင့် အသုံးမပြုနိုင်ပေ။ ယင်းအချက်သည် capacitor start capacitor run

နှင့် shaded pole မော်တာများကဲ့သို့သော induction motor အမျိုးအစားများအတွက် အကန့်အသတ် ဖြစ်စေပါသည်။ capacitor start capacitor run မော်တာများအား မျက်နှာကျက်ပန်ကာများကဲ့သို့ မော်တာ၏ လည်ပတ်မှုအား ပြောင်းပြန်လည်ပတ်စေရန် အလိုရှိသော အသုံးပြုမှုမျိုးတွင် အသုံးပြုပါသည်။ အေစီလျှပ်စီးသုံး ပြောင်းလဲ ဗို့အား အသုံးပြုသော မော်တာနောက်တစ်မျိုးမှာ universal သို့မဟုတ် AC Series Motor ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းကဲ့သို့သော မော်တာများအား power drill များ၊ skill saw များ၊ vacuum cleaner များ၊ အိမ်သုံး mixer များနှင့် အခြားသော အသုံးဆောင် ပစ္စည်းများ များစွာတို့တွင် အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းတို့တွင် ဒီစီမော်တာ မှာကဲ့သို့ ကွန်မြူတေတာနှင့် ဘရက်ရှ်များ ပါရှိကာ အလွယ်တကူ သတိပြုမိနိုင်စေပါသည်။ universal motor ဟုခေါ်ဆိုခြင်းမှာ ယင်းအား အေစီ သို့မဟုတ် ဒီစီ ဗို့အားဖြင့် အသုံးပြုမောင်းနှင်နိုင်ခြင်းကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းမော်တာများသည် electric drill များ၊ router များ၊ reciprocating saw များနှင့် အခြားသော လည်ပတ်နှုံးပြောင်းလဲနိုင်သော လက်ကိုင်သုံး ကရိယာများ တွင် အသုံးပြုနိုင်ရန်အတွက် solid state speed control device များအား အသုံးပြုကြပါသည်။

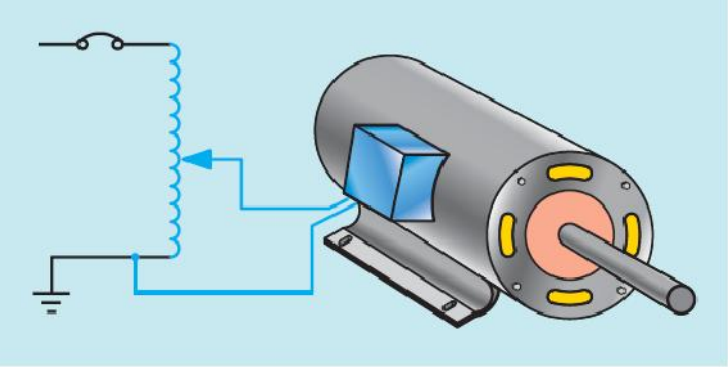


ပုံ ၄၂.၁ variable autotransformer တစ်လုံး၏ ဖြတ်ပိုင်းပုံ

ဗို့အား ထိန်းညှိခြင်း နည်းများ

ပြောင်းလဲ အေစီ ဗို့အား ကို ရရှိစေရန် နည်းလမ်းများစွာရှိပါသည်။ နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ အော်တိုထရန်စဖော်မာ တစ်လုံးအား ပွတ်ရွှေနိုင်သော tap ကို အသုံးပြုခြင်းဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၂.၁)။ ယင်းသို့ ပွတ်ရွှေခြင်းကြောင့် ထရန်စဖော်မာတွင် turn ratio ပြောင်းလဲမှုကို ဖြစ်စေပါသည် (ပုံ ၄၂.၂)။ အော်တိုထရန်စဖော်မာတစ်လုံးသည် ပြောင်းလဲ အေစီ ဗို့အားတစ်ခုအား အသုံးပြုလိုသော အရာထံသို့

ပေးပို့ရန်အတွက် အကောင်းဆုံးနှင့် အဆင်အပြေဆုံးနည်းလမ်းတစ်ခုဖြစ်ပါသည်။ သို့သော် ယင်းတို့သည် ဈေးနှုန်းကြီးမြင့်ကာ ယင်းတို့အား တပ်ဆင်အသုံးပြုရန်အတွက်လည်း နေရာကျယ်ကျယ် လိုအပ်ပါသည်။

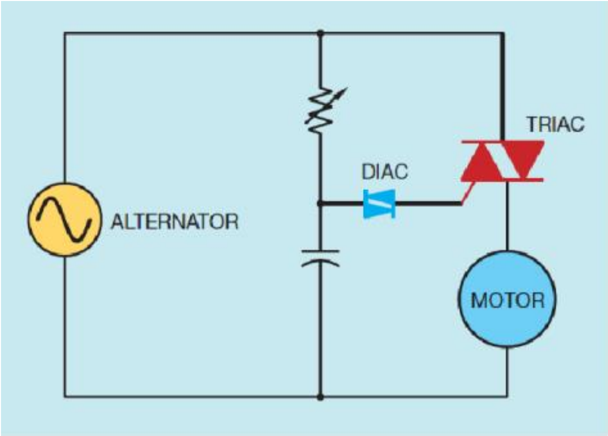


ပုံ ၄၂.၂ autotransformer တစ်လုံးမှ မော်တာသို့ ပြောင်းလဲဖို့အားကို ပေးပို့စဉ်

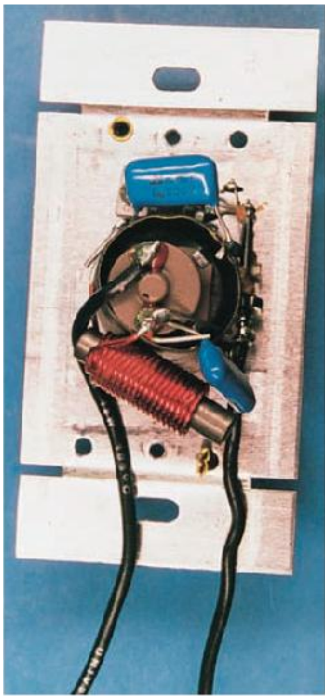
ပုံ ၄၂.၃ pulse များပါသော တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးမှ လျှပ်စီးမှုအပိုင်းကိုဖော်ပြသော လှိုင်းပုံစံ

နောက်တစ်နည်းမှာ triac ဟုခေါ်သော solid state device အား အသုံးပြုခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ယင်း ထရိုင်အက်သည် solid state device တစ်ခုဖြစ်ကာ ဆီလီကွန် ကွန်ထရိုး ရက်တီဖိုင်ယာ (SCR) နှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် လှိုင်းတစ်ခု၏ အပေါင်းဘက်နှင့် အနုတ်ဘက် နှစ်ပိုင်းစလုံး လျှပ်စီးစီးဆင်းနိုင်သည်မှ တပါး သဘောသဏ္ဍာန်တူညီမှု ရှိပါသည်။ ထရိုင်အက်များအား အလင်းအမှောင်ထိန်းသော dimmer များတွင် အသုံးပြုကာ incandescent light များအား control လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုကြပါသည်။ triac light dimmer များတွင် အခြားသော လှိုင်းတစ်ခြမ်း စတင်စီးဆင်းမှု မပြုမီတွင် လှိုင်းတစ်ခြမ်းသာ စီးဆင်းသည့် သဘာဝရှိပါသည်။ ထို့ကြောင့် လှိုင်းတစ်ခြမ်းတည်းသာ လျှပ်စီးမှုပြုစဉ်တွင် ရရှိလာမည့်ဖို့အားသည် ဒီစီ သာဖြစ်ပြီး အေစီမဟုတ်ပေ (ပုံ ၄၂.၃)။ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးအား incandescent lamp များကဲ့သို့ ခုခံမှုဝန်အား အတွက် ပေးသွင်းသုံးစွဲသောအခါတွင် အန္တရာယ်ပြုမှုမရှိသော်လည်း ဒီစီဖို့အား ကို မော်တာကဲ့သို့သော inductive device များအား ပေးသွင်းသုံးစွဲစေသောအခါတွင်မူ လွန်စွာကြီးမားသော အန္တရာယ်ကို ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်ပါသည်။ inductive load များအား control လုပ်ရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထား

သော ထရိုင်အက် အသုံးပြုသော control များကိုသာလျှင် မော်တာ များအတွက် အသုံးပြုသင့်ပါသည်။ အခြေခံ triac control လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၂.၄ တွင် ပြသထားပါသည်။ သေးငယ်သော အေစီမော်တာ များအတွက် လည်ပတ်နှုံးထိန်းချုပ်ရာတွင် အသုံးပြုသော triac အသုံးပြုထားသည့် variable speed control အား ပုံ ၄၂.၅ တွင် ပြသထားပါသည်။



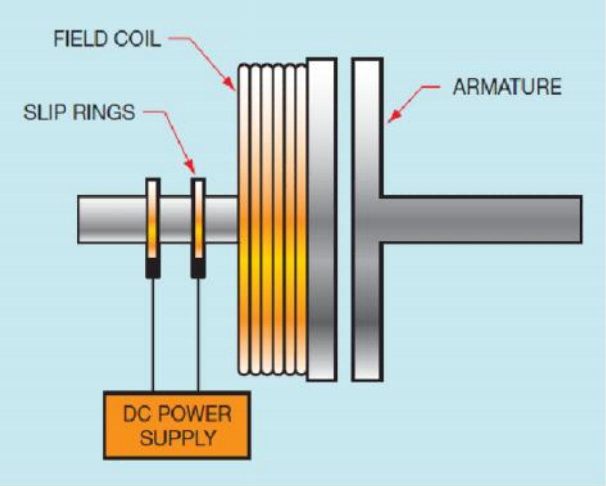
ပုံ ၄၂.၄ အခြေခံ triac control လျှပ်စီးပတ်လမ်း



ပုံ ၄၂.၅ မော်တာသို့ ပေးပို့သော ဗို့အားကို control လုပ်ခြင်းဖြင့် လည်ပတ်နှုံးကိုပြောင်းလဲပေးသည့် triac အသုံးပြုထားသော control

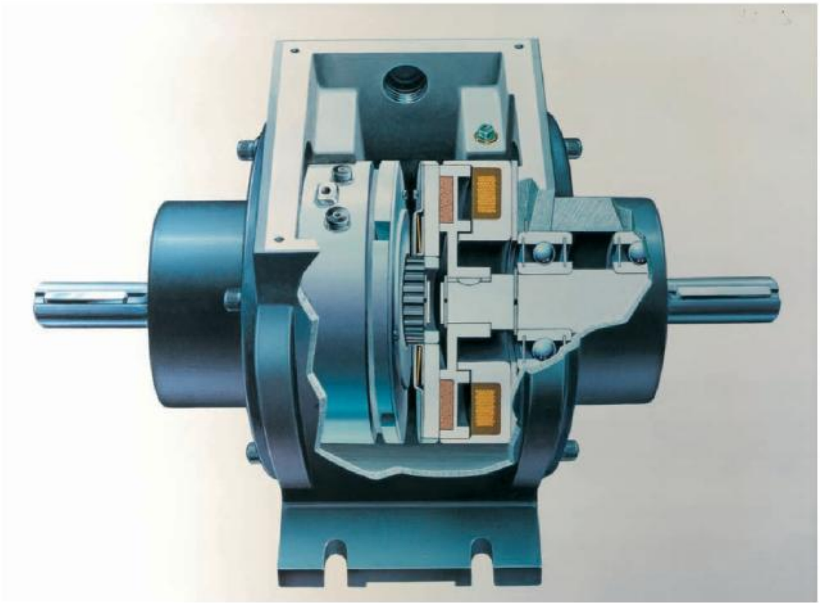
Magnetic Clutch များ

Magnetic clutches များအား မော်တာများတွင် ဝန်အား မသုံးမီတွင် လည်ပတ်နှုန်း အပြည့်ရရှိစေရန် အလိုရှိသော အခါမျိုးတွင် အသုံးပြုပါသည်။ clutch များအား အသုံးပြုရခြင်းမှာ မော်တာအား ရုတ်တရက် စတင်ခြင်း သို့မဟုတ် centrifuge များ သို့မဟုတ် flywheel တို့ကဲ့သို့သော အင်နားရှားမြင့်မားသော ဝန်အားများကြောင့် ပျက်စီးဆုံးရှုံးမှု မဖြစ်စေပဲ ချောမွေ့စွာ စတင်မောင်းနှင်မှုကို ရရှိစေရန် အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ magnetic clutch များအား ပုံမှန်အားဖြင့် နှစ်ပိုင်းခွဲထားကာ field အပိုင်းတွင် slip ring များနှင့် coil winding တို့ပါဝင်ကာ armature အပိုင်းတွင်မူ clutch disc ပါရှိပါသည် (ပုံ ၄၂.၆)။



ပုံ ၄၂.၆ single face magnetic clutch

field winding သို့ slip ring များ နှင့် brush များမှ တစ်ဆင့် ပါဝါပေးပို့လိုက်သောအခါတွင် armature သည် မော်တာမှ တစ်ဆင့် ဝန်အားနှင့် ဆက်သွယ်ထားသော field ကို ဆွဲငင်ပါတော့သည်။ coupling လုပ်သည့် အားကို field သို့ ပေးသော ဗို့အားကို ထိန်းညှိခြင်းအားဖြင့် control လုပ်နိုင်ပါသည်။ ယင်းသည် field အပိုင်းနှင့် armature အပိုင်း တို့အကြားရှိ slip ၏ ဒီဂရီကို control လုပ်ပေးပါသည်။ မော်တာတစ်လုံးသည် မောင်းနှင်လိုသော ဝန်အားအတွက် မည်မျှမြန်မြန် အရှိန်ရရှိစေသည်နှင့် ဝန်အားအတွက် အစဦး torque မည်မျှ ပေးနိုင်သည်ကို slip ဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ clutch မှ ပါဝါကို ဖြတ်တောက်လိုက်သောအခါတွင် စပရင်တစ်ခုအားဖြင့် field နှင့် armature ကို ပိုင်းခြားလိုက်ပါသည်။ magnetic clutch တစ်လုံးအား ပုံ ၄၂.၇ တွင်ပြသထားပါသည်။



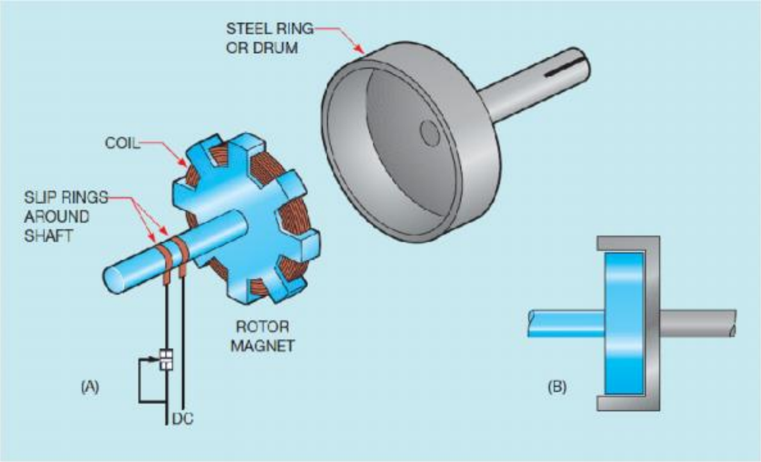
ပုံ ၄၂.၇ magnetic clutch တစ်ခု၏ ဖြတ်ပိုင်းပုံ

ပုံ ၄၂.၆ တွင်ပြသထားသော clutch သည် single face clutch ဖြစ်ကာ ယင်းတွင် clutch disc တစ်ခုသာ ပါရှိပါသည်။ ကြီးမားသော ဝန်အားများအတွက် အသုံးပြုသော မြင်းကောင်ရေ မြင့်မားသော မော်တာကြီးများတွင်လည်း clutch များအား အသုံးပြုလေ့ရှိကာ ယင်းတို့တွင် clutch face များစွာပါရှိပါသည်။ double faced clutch များမှာမူ hub တစ်ခုတည်းတွင် armature နှင့် field disc များ နှစ်ခုစလုံး ပါရှိပါသည်။ double faced friction lining သည် ယင်းတို့နှစ်ခုအကြားတွင် ကြားခံသဖွယ်ရှိနေပါသည်။ field winding မှ energized ဖြစ်သွားသောအခါတွင် field disc နှင့် armature disc တို့သည် ယင်းတို့၏ အကြားတွင်ရှိသော double faced friction lining disc နှင့်အတူ ဆွဲယူသွားပါသည်။ double faced clutch များအား ဝန်းဖြတ် ၇၈ လက်မအရွယ်အစားအထိ ရရှိနိုင်ပါသည်။

အချို့သော clutch များအား tension ကို control လုပ်ရန်နှင့် မောင်းနှင်နေသော နှင့် မောင်းနှင်သည့် member များအကြား ကြီးမားသော slip အခြေအနေတွင် အသုံးပြုရန်အတွက် ရည်ရွယ်ပါသည်။ ယင်းသို့သော clutch များသည် cluth disc များအကြား ပွတ်အားကြောင့် အပူလွန်စွာထုတ်လွှတ်ပါသည်။ ယင်းသို့သော clutch များစွာအား ရေဖြင့် အအေးခံခြင်းအားဖြင့် အပူကို ဖယ်ရှားပေးနိုင်ပါသည်။

Eddy Current Clutch များ

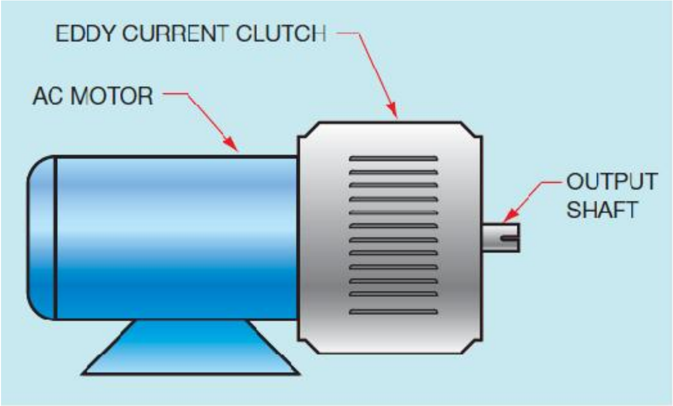
Eddy current clutch များဟုခေါ်ဆိုရခြင်းမှာ ယင်းတို့မှ eddy current ကို သတ္တုဆလင်ဒါ သို့မဟုတ် ဒရမ်ထံသို့ induced လုပ်ခြင်းကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ clutch ၏ တစ်ပိုင်းတွင် slip ring များနှင့် winding တစ်ခု (ပုံ ၄၂.၈ (က)) အတိုင်း ပါရှိပါသည်။ armature သို့မဟုတ် rotor အား တည်ဆောက်ထားသည့်အတွက် ယင်း winding အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးပေးကာ excite လုပ်လိုက်ပါက magnetic pole pieces များဖြစ်ပေါ်လာပါသည်။ rotor အား သတ္တုဒရမ်အတွင်း တပ်ဆင်ထားကာ၊ ယင်းသည် clutch ၏ output shaft သဖွယ်ဖြစ်နေပါသည် (ပုံ ၄၂.၈ (ခ))။ rotor သည် clutch ၏ input ဖြစ်နေကာ ယင်းအား အေစီ အင်ဒက်ရှင်းမော်တာ တစ်လုံးဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ မော်တာမှ clutch အတွက် လည်ပတ်မှုအားကို ရရှိစေပါသည် (ပုံ ၄၂.၉)။ rotor အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ပေးပို့လိုက်သောအခါ လည်ပတ်နေသော လျှပ်စစ် သံလိုက်မှ eddy current တို့သည် သတ္တုဒရမ်ဆီသို့ induced လုပ်ပါသည်။ ယင်း induced eddy current တို့သည် ဒရမ်အတွင်း magnetic pole များကိုဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ rotor နှင့် ဒရမ်တို့မှ သံလိုက်စက်ကွင်းများသည် ဆွဲငင်ကြသည်ဖြစ်ရာ clutch သည် မော်တာလည်သည့် ဦးတည်ရာအတိုင်း လည်ပတ်ပါတော့သည်။



ပုံ ၄၂.၈ magnetic armature သို့မဟုတ် rotor နှင့် drum တို့ကို ပုံ (က) တွင် ဖော်ပြထားကာ ပုံ (ခ) တွင် rotor အား drum အတွင်း ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ထားပုံ။ rotor သည် clutch အတွက် input shaft ဖြစ်ကာ drum မှာမူ output shaft ဖြစ်ပါသည်။

Eddy current clutch တစ်ခုအား အသုံးပြုရသည့် အဓိက ကောင်းကျိုးမှာ rotor နှင့် ဒရမ်အကြားမည်သည့် mechanical ဆက်သွယ်မှုမျှ မရှိခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ ထိုသို့ mechanical

ဆက်သွယ်မှု မရှိသည့်အတွက် အပူလွန်လွန်ကဲကဲ ထွက်စေသည့် မည်သည့် ပွတ်အားမျှလည်း မရှိခြင်းနှင့် mechanical clutch များကဲ့သို့ ပွတ်စားမှုလည်း မရှိတော့ပေ။



ပုံ ၄၂.၉ AC မော်တာတစ်လုံးအား eddy current clutch နှင့် တွဲထားပုံ

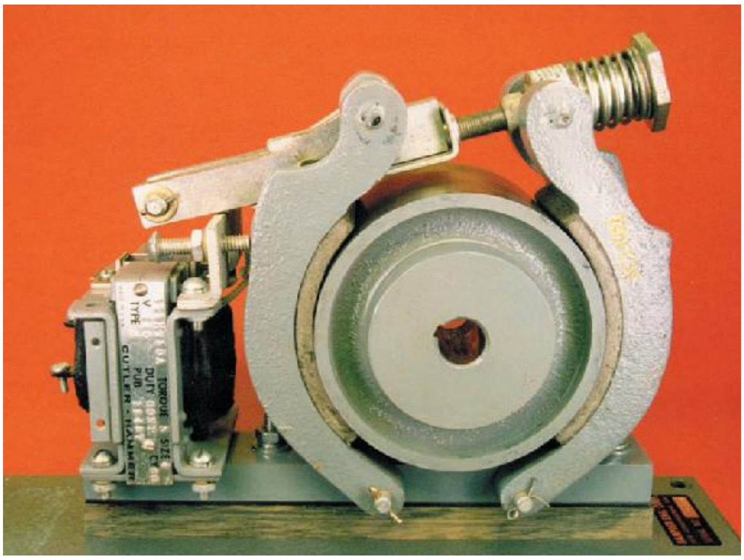
Clutch ၏ လည်ပတ်နှုန်းကို armature သို့မဟုတ် rotor သို့ ပေးပို့သော တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးအား ပြောင်းလဲပေးခြင်းအားဖြင့် ထိန်းချုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။ ရရှိလာမည့် လည်ပတ်နှုန်းသည် rotor နှင့် ဒရမ် တို့အကြား ရှိမည့် slip ပမာဏ အပေါ်တွင် မူတည်သည်ဖြစ်ကာ ဝန်အားတပ်ဆင်လိုက်သည့်အခါတွင် slip တန်ဘိုး ကြီးလာသည်ဖြစ်ကာ လည်ပတ်နှုန်းသည်လည်း ကျဆင်းသွားပေမည်။ ယင်းအချက်အား rotorသို့ပေးပို့သော တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ပမာဏအား တိုးမြှင့်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် ကုစားနိုင်ပါသည်။ eddy current clutch အတော်များများတို့တွင် လည်ပတ်နှုန်းကို အာရုံခံသော ပစ္စည်းများပါရှိကာ ဝန်အားကို ထည့်သွင်းအသုံးပြုခြင်း နှင့် နုတ်ပယ်ခြင်းတို့ ပြုလုပ်သည်နှင့် dc excitation အား အလိုအလျောက် တိုးမြှင့်ခြင်းနှင့် လျော့ချခြင်းတို့ ပြုလုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။

အခန်း ၄၃

Braking လုပ်ခြင်း

ယေဘုယျအားဖြင့် မော်တာတို့သည် ပါဝါလိုင်းအားဖြတ်တောက်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် နှေးကွေးသွားပြီးနောက် ရပ်တန့်သွားကြပါသည်။ သို့သော် ထိုသို့ မော်တာအား ရပ်တန့်ခြင်းမပြုလိုသည့်အခါတွင်ဖြစ်စေ၊ ထိုသို့ရပ်တန့်ရန်အတွက် အဆင်မပြေသည့်အခါမျိုးလည်း ရှိတတ်ပါသည်။ မော်တာတစ်လုံးအား braking လုပ်ရန်အတွက် နည်းလမ်းများစွာရှိပါသည်။ ယင်းတို့အနက်မှ အချို့မှာ

- Mechanical brake များ
- Dynamic brake လုပ်ခြင်းများ
- Plugging လုပ်ခြင်း တို့ဖြစ်ကြပါသည်။

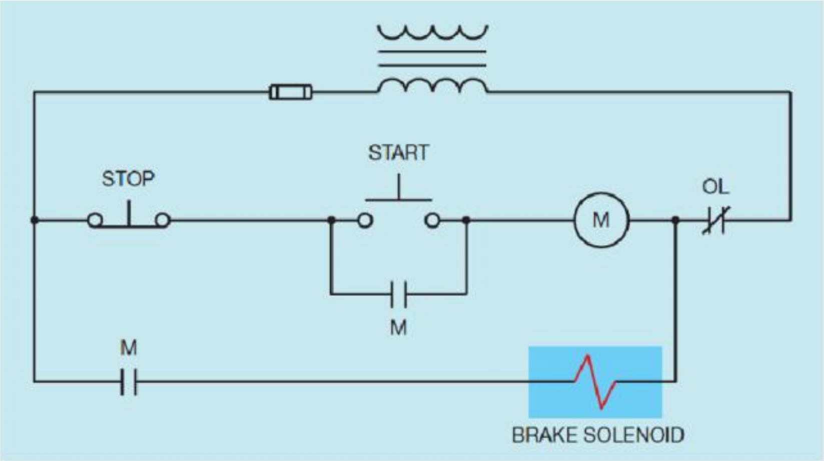


ပုံ ၄၃.၃ Drum brake

Mechanical Brake များ

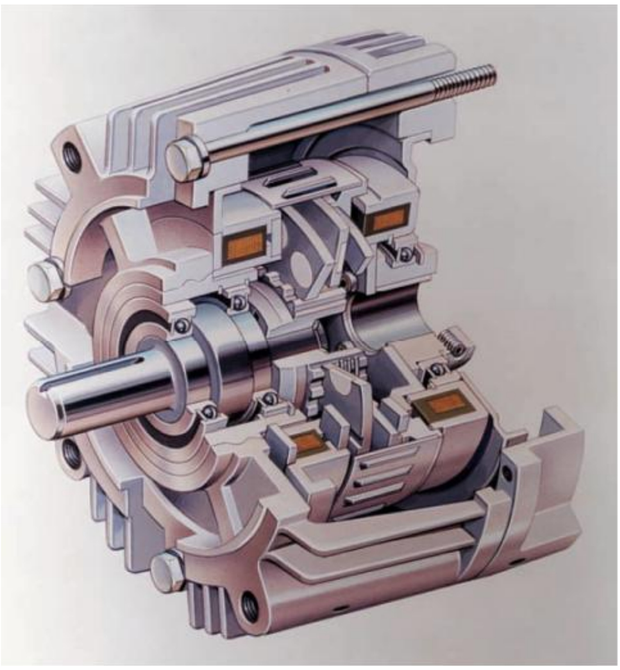
Mechanical Brake များအား အခြေခံပုံစံအားဖြင့် drum နှင့် disk ဟူ၍ နှစ်မျိုး နှစ်စား ရရှိနိုင်ပါသည်။ drum brake များသည် brake shoe များအား အသုံးပြုကာ drum တစ်ခုအပေါ်တွင် ဖိအား

သက်ရောက်စေရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၃.၁)။ drum ဟုခေါ်သော သတ္တုဆလင်ဒါ တစ်ခု အား မော်တာ၏ ဝင်ရိုးတွင် တပ်ဆင်ထားပါသည်။ brake shoe များအား drum ၏ ပတ်လည်တွင် နေရာချထားပါသည်။ စပရင် တစ်ခုအား အသုံးပြုကာ မော်တာအား ရပ်တန့်ရာတွင် လိုအပ်သော braking ပမာဏအား control လုပ်နိုင်ရန် အတွက် brake shoe များအပေါ်တွင် သက်ရောက်ပေးရမည့် ဖိအားကို ထိန်းညှိနိုင်ရန်အတွက် အသုံးပြုပါသည်။ မော်တာလည်ပတ်သောအခါတွင် ဆိုလာနွိုက်တစ်ခုသည် energize ဖြစ်စေခြင်းဖြင့် brake shoe များ၏ ဖိအားကို လျော့ကျစေပါသည်။ မော်တာအား ရပ်တန့်လို သောအခါတွင် brake အလျှင်အမြန်လုပ်ပေးရပါမည်။ ထိုသို့သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းမျိုးအား ပုံ ၄၃.၂ တွင် ပြသထားပါသည်။ မော်တာရပ်တန့်ရာတွင် mechanical brake တို့သည် ဝန်အား၏ အရွေ့စွမ်းအင် (kinetic energy) အား အပူစွမ်းအင်အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲပေးပါသည်။ mechanical brake တို့၏ ကောင်းသောအချက်မှာ ချိတ်ဆွဲထားသော ဝန်အားတို့အား ထိန်းထားနိုင်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ထိုအချက် ကြောင့် mechanical brake တို့အား ကရိန်းများတွင် မကြာခဏ သုံးစွဲကြပါသည်။



ပုံ ၄၃.၂ မော်တာ မောင်းနှင်မှု မရှိချိန်တွင် အလိုအလျောက် brake လုပ်ထားမှု

Disc brake တို့သည်လည်း drum brake များလုပ်ဆောင်ပုံနှင့် အလားသဏ္ဍာန်တူကြပါသည်။ တစ်ခုတည်း သော ကွဲပြားခြားနားမှုမှာ ဆလင်ဒါပုံ ဒရမ်နေရာတွင် အသုံးပြုသော လည်ပတ်နေသော disc အပေါ်တွင် brake pad များအား အသုံးပြုကာ သက်ရောက်မှု ပြုစေခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ disc brake နှင့် magnetic clutch တို့အတွဲအား ပုံ ၄၃.၃ တွင် ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၄၃.၃ clutch နှင့် brake အတွဲ၏ ဖြတ်ပိုင်းပုံ

Dynamic Braking ပြုလုပ်ခြင်း

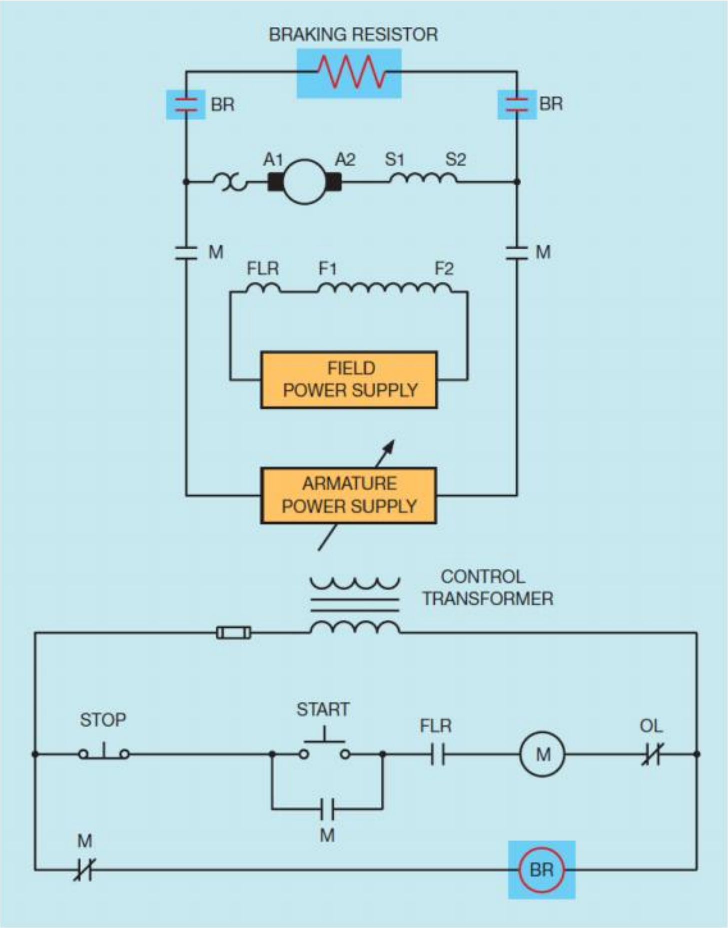
Dynamic Braking အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးနှင့် ပြန်လှန်လျှပ်စီးအသုံးပြုသော မော်တာနှစ်မျိုးစလုံးတွင် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ Dynamic braking အား တစ်ခါတစ်ရံတွင် magnetic braking ဟုလည်း ခေါ်ဆိုကြကာ အခြေအနေနှစ်ခုစလုံးတွင် သံလိုက်စက်ကွင်းအား အသုံးပြုကာ မော်တာလည်ပတ်မှုအား နှေးကွေးစေရခြင်းကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ dynamic braking အသုံးပြုရခြင်း၏ ကောင်းကျိုးမှာ mechanical brake shoe များမှာကဲ့သို့ ပွန်းပဲ့ထွက်ခြင်း မရှိတော့ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ dynamic brake တို့၏ အားနည်းချက်မှာ တွဲလောင်းချိတ်ထားသော ဝန်များအား ထိန်းမထားနိုင်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ dynamic brake တို့အား တိုက်ရိုက်နှင့် ပြန်လှန်လျှပ်စီးသုံး မော်တာများတွင် အသုံးပြုနိုင်သည်ဆိုသော်လည်း ယင်းတို့ တစ်ခုစီအတွက် အသုံးပြုသော နည်းလမ်းနှင့် လုပ်ငန်းစဉ် တို့မှာ အလွန်ကွာခြားပါသည်။

Direct Current Motors တွင် Dynamic Braking ပြုလုပ်ခြင်း

တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး အသုံးပြုသော machine အား မော်တာအဖြစ်ဖြစ်စေ သို့မဟုတ် ဂျင်နရေတာအဖြစ် ဖြစ်စေ အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ မော်တာအဖြစ်အသုံးပြုသောအခါတွင် လျှပ်စစ်စွမ်းအင်အား စက်မှုစွမ်းအင် အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲပါသည်။ ဂျင်နရေတာအဖြစ် အသုံးပြုသောအခါတွင်မူ စက်မှုစွမ်းအင်မှ တဆင့်

လျှပ်စစ်စွမ်းအင်အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲပါသည်။ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး မော်တာတစ်လုံး အတွက် dynamic braking လုပ်သည့်နည်းစဉ်မှာ မော်တာအား ဂျင်နရေတာအဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲလိုက်ခြင်း ပင်ဖြစ်ပါသည်။ ဂျင်နရေတာ တစ်လုံးသည် လျှပ်စစ်ပါဝါအား ထုတ်လုပ်သော အခါတွင် counter torque ကို လည်း ထုတ်လုပ်ကာ armature အား လည့်ရန် ခက်ခဲစေပါသည်။ ဂျင်နရေတာမှ ထုတ်လုပ်သော counter torque ပမာဏသည် armature လျှပ်စီးနှင့် အချိုးကျပါသည်။

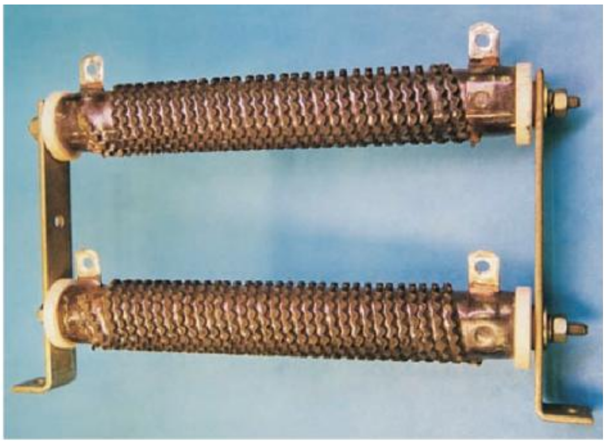
ဒီစီမော်တာ တစ်လုံးအတွက် dynamic braking အား ရရှိစေရန် မော်တာ ရပ်တန့်နေစဉ်တွင် shunt field အား ဆက်လက်ပါဝါရရှိစေပြီးနောက် armature အား ဝပ် (watt) ပမာဏကြီးမားသော ခုခံမှုတစ်ခုနှင့် ပြန်လည် ချိတ်ဆက်ပေးခြင်းဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၃.၄)။



ပုံ ၄၃.၄ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး မော်တာတစ်လုံးအတွက် dynamic braking လျှပ်စီးပတ်လမ်း

ယင်းခုခံမှုသည် အမှန်တစ်ကယ်အားဖြင့် တစ်ခုထက်ပိုနိုင်ကာ မော်တာ၏အရွယ်အစား၊ brake လုပ်ရန်ကြာမြင့်ချိန်၊ နှင့် armature လျှပ်စီး အစရှိသည်တို့အပေါ်တွင် မူတည်ပါသည်။ မြင့်မားသော

ဂပ်ပမာဏ ရှိသော ခုခံမှုများအား ပုံ ၄၃.၅ တွင် ပြသထားပါသည်။ braking လုပ်သောကြာမြင့်ချိန်အား ခုခံမှုတန်ဘိုးအား ချိန်ညှိပေးခြင်းအားဖြင့် ထိန်းချုပ်နိုင်ပါသည်။ လျှပ်စီးသည် shunt field နှင့် ဆက်လက်ချိတ်ဆက်နေသေးပါက pole pieces တို့သည်လည်း ယင်းတို့၏ သံလိုက်သဘာဝ အား ဆက်လက်ထိန်းထားနိုင်ပေမည်။ armature ထိပ်စွန်းများတွင် ခုခံမှုတစ်ခုအား ခွဆက် ဆက်ခြင်းအားဖြင့် မော်တာအား ဂျင်နရေတာ အဖြစ်သို့ရောက်စေပါသည်။



ပုံ ၄၃.၅ ဂပ်အားမြင့် resistor များ

ဒီစီမော်တာ တစ်လုံးအတွက် dynamic braking သည် အလွန်အကျိုးရှိသော်လည်း armature နှေးကွေးသွားသည်နှင့် braking လုပ်ခြင်းသည်လည်း အားနည်းသွားပေမည်။ ဂျင်နရေတာ တစ်လုံး၏ counter torque သည် pole pieces များရှိ သံလိုက်စက်ကွင်းပြင်းအားနှင့် အချိုးကျပါသည်။ pole pieces များရှိ flux density သည် shunt field လျှပ်စီးပမာဏ တသမတ်ဖြစ်နေသေးသမျှ တသမတ်တည်း ဆက်လက်ဖြစ်နေမည်ဖြစ်ကာ armature ရှိ သံလိုက်စက်ကွင်းသည် armature လျှပ်စီးနှင့် အချိုးကျပါသည်။ armature လျှပ်စီးသည် induced voltage ပမာဏနှင့် ချိတ်ဆက်ထားသော ဂန်အား၏ ခုခံမှုနှင့် အချိုးကျပါသည်။ induced voltage အား အောက်ပါ အချက် သုံးချက်ဖြင့် အဆုံးအဖြတ်ပြုနိုင်ပါ သည်။

- သံလိုက်စက်ကွင်းပြင်းအား (ယခုအခြေအနေတွင် - pole pieces များရှိ flux density)
- Conductor ၏ အလျား (ဂါယာအပတ် အရေအတွက်ဟူ၍လည်း သတ်မှတ်ဖော်ပြကြပါသည်။ ယခုအခြေအနေတွင် - ယင်းအချက်သည် armature winding ရှိ ဂါယာအပတ် အရေအတွက် ဖြစ်ပါသည်။)

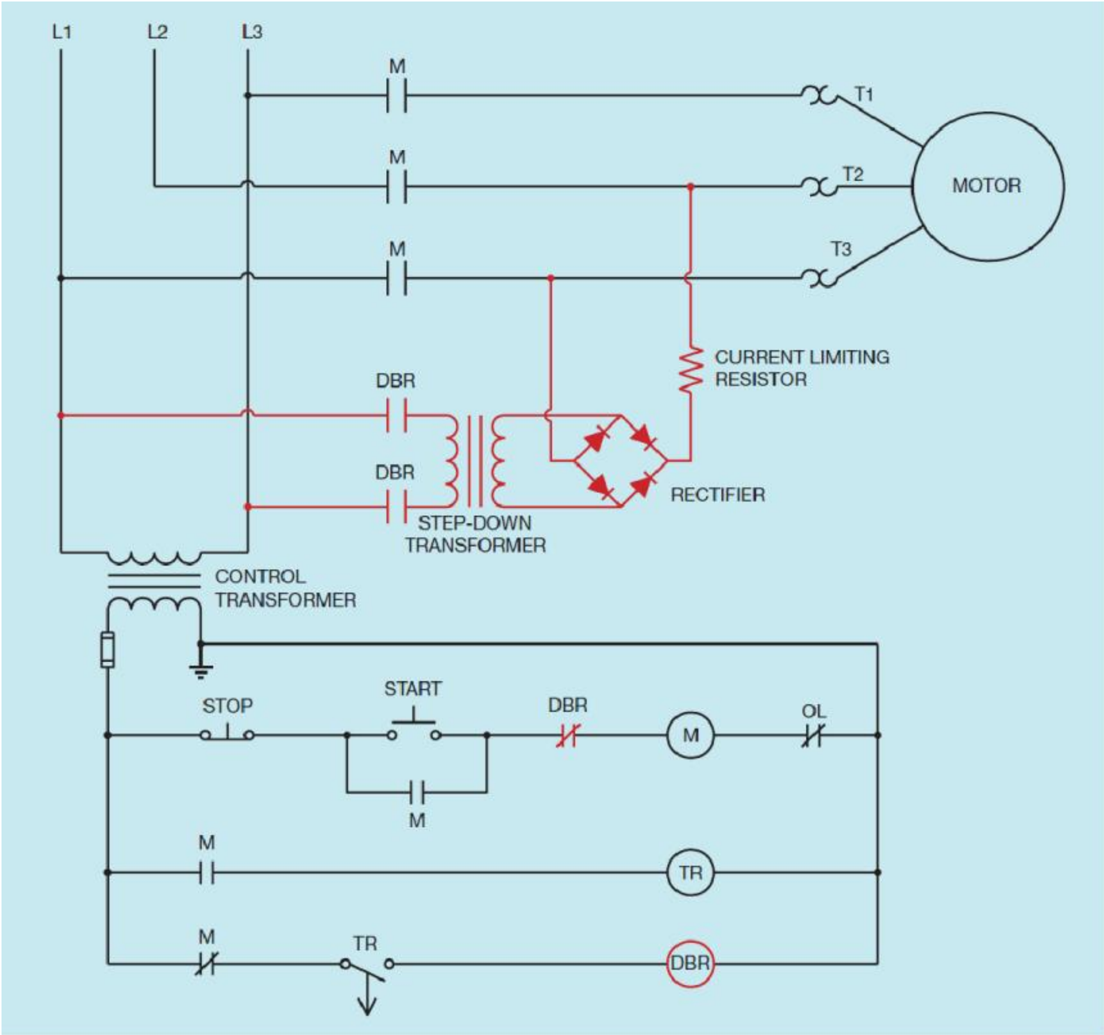
- ဖြတ်သန်းမှု နှုးထား (armature လည်ပတ်နှုန်း)

Armature နှေးကွေးသွားသည်နှင့် armature winding တွင် ဗို့အား အနည်းငယ်ကိုသာ induced ဖြစ်ခြင်းကြောင့် armature လျှပ်စီးကို လျော့ကျစေပါသည်။

Alternating Current Motors တွင် Dynamic Braking ပြုလုပ်ခြင်း

ပြန်လှန်လျှပ်စီးအသုံးပြုသော မော်တာများအတွက် dynamic braking အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး အသုံးပြုသော မော်တာများ အတွက် ဖော်ပြထားခဲ့သည်တို့နှင့် ကွဲပြားခြားနားသော ပုံစံမျိုးဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။ အေစီမော်တာ တစ်လုံးအတွက် dynamic braking အား stator winding အတွင်းသို့ ဒီစီ လျှပ်စီးအား ချိတ်ဆက်ပေးသွင်းခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။ ယင်းသို့ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် လျှပ်စီးသည် အချိန်တိုင်းတွင် ဦးတည်ရာဖက်ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် ယင်း၏ ပိုစွန်းများ ပြောင်းလဲမှုဖြစ်ပေါ်နေမည့်အစား ဒီစီလျှပ်စီးကြောင့် stator သံလိုက်စက်ကွင်းအား တသမတ်ပိုစွန်းအဖြစ် ထိန်းထားနိုင်ပေမည်။ ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာ (squirrel cage motor) တစ်လုံးသည် တည်ငြိမ်သံလိုက်စက်ကွင်းအတွင်းတွင် လည်ပတ်သောအခါတွင် rotor bar များအတွင်း လျှပ်စီးကို ထုတ်ယူရရှိစေပါသည်။ rotor အတွင်း စီးဆင်းသော လျှပ်စီးသည် rotor bar များပတ်လည်တွင် သံလိုက်စက်ကွင်းကို ဖြစ်စေပါသည်။ rotor သံလိုက်စက်ကွင်းသည် stator စက်ကွင်းအား ဆွဲငင်ခြင်းအားဖြင့် rotor အား နှေးကွေးစေပါသည်။ braking force သည် stator စက်ကွင်းနှင့် rotor စက်ကွင်းတို့၏ သံလိုက်စက်ကွင်းပြင်းအားနှင့် အချိုးကျပါသည်။ ယင်း braking force အား stator သို့ ပေးပို့သော တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး၏ ပမာဏအား ထိန်းချုပ်ပေးခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။

Stator သို့ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးကို ပေးသွင်းရာတွင် ယင်းတွင် stator လျှပ်စီးအား ကန့်သတ်ပေးနိုင်မည့် inductive reactance မရှိပေ။ လျှပ်စီးကို ကန့်သတ်ပေးနိုင်သည့် တစ်ခုတည်းသောအချက်သည် stator winding ၏ ဂါယာခုခံမှုသာဖြစ်ပေသည်။ ပြန်လှန်လျှပ်စီးအသုံးပြုသော မော်တာများအတွက် dynamic braking လျှပ်စီးပတ်လမ်းများတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် ဗို့အားနိမ့် ထရန်စဖော်မာပါရှိကာ ရက်တီဖိုင်ယာ (rectifier) အတွက် ဗို့အား လျော့ချရန်ဖြစ်ပြီး resistor တစ်လုံးအား တန်းဆက်အနေဖြင့် အမြဲလိုလိုထည့်သွင်းထားကာ stator winding အတွင်း စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးအား ထိန်းချုပ်ရန်အတွက် ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၃.၆)။



ပုံ ၄၃.၆ ပြန်လှန်လျှပ်စီး မော်တာ အတွက် dynamic braking လျှပ်စီးပတ်လမ်း

ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် off-delay timer တစ်လုံးအား အသုံးပြုကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်း အတွက် braking time မည်မျှကြာမြင့်မည်ကို အဆုံးအဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ START button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် မော်တာ startor ဖြစ်သော M သည် energize ဖြစ်သွားကာ M load contact အားလုံးအား close ဖြစ်စေပြီးနောက် မော်တာအား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ M auxiliary contact များသည်လည်း တစ်ချိန်တည်းတွင် အနေအထားပြောင်းသွားပါသည်။ normally closed ဖြစ်လျက်ရှိသော M contact သည် open ဖြစ်သွားကာ dynamic brake relay (DBR) ထံသို့ ပါဝါ ရောက်ရှိမသွားစေရန် တားဆီးပေးပါသည်။ normally open ဖြစ်နေသော M auxiliary contact နှစ်ခုတို့သည် close ဖြစ်သွားကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းပြည့်သွားပြီးနောက် off-delay timer TR ၏ ကွိုင်ထံသို့ ပါဝါပေးပို့ပါသည်။ TR သည် off-delay timer ဖြစ်သည့်အတွက် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော TR contact

များသည် အလျှင်အမြန် close လုပ်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် STOP button အား မနှိပ်မချင်း လက်ရှိ အခြေအနေအတိုင်း ရှိနေမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအချိန်တွင် မော်တာ starter M သည် de-energize ဖြစ်ကာ မော်တာသည် ပါဝါလိုင်းမှ ပြတ်တောက်သွားပါသည်။ timer coil TR နှင့် တန်းဆက်ဖြစ်နေသော normally open ဖြစ်နေသော M auxiliary contact သည် open ဖြစ်သွားကာ အချိန်ကို စတင်ရေတွက်ပါတော့သည်။ normally closed ဖြစ်နေသော M auxiliary contact သည် close ဖြစ်သွားကာ ယခုအချိန်တွင် close ဖြစ်လျှက်ရှိနေပြီဖြစ်သော အချိန်သတ်မှတ်ထားသည့် TR contact မှ တစ်ဆင့် DBR ၏ ကွိုင်ထံသို့ လျှပ်စီးကြောင်း တစ်ခုကို ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းကြောင့် DBR contact များသည် close ဖြစ်ကာ ဗို့အားနိမ့်ထရန်စဖော်မာ နှင့် ရက်တီဖိုင်ယာတို့အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ဆက်သွယ်လိုက်ပါသည်။ ယခုအခါတွင် stator winding သို့ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ပေးပို့နိုင်ပြီဖြစ်ပါသည်။ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးသည် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော TR contact သည် open ဖြစ်ကာ DBR ကွိုင်အား de-energize ဖြစ်ပြီးသည်အထိ stator winding အား လျှပ်စီးပေးပို့နေမည်ဖြစ်ပါသည်။

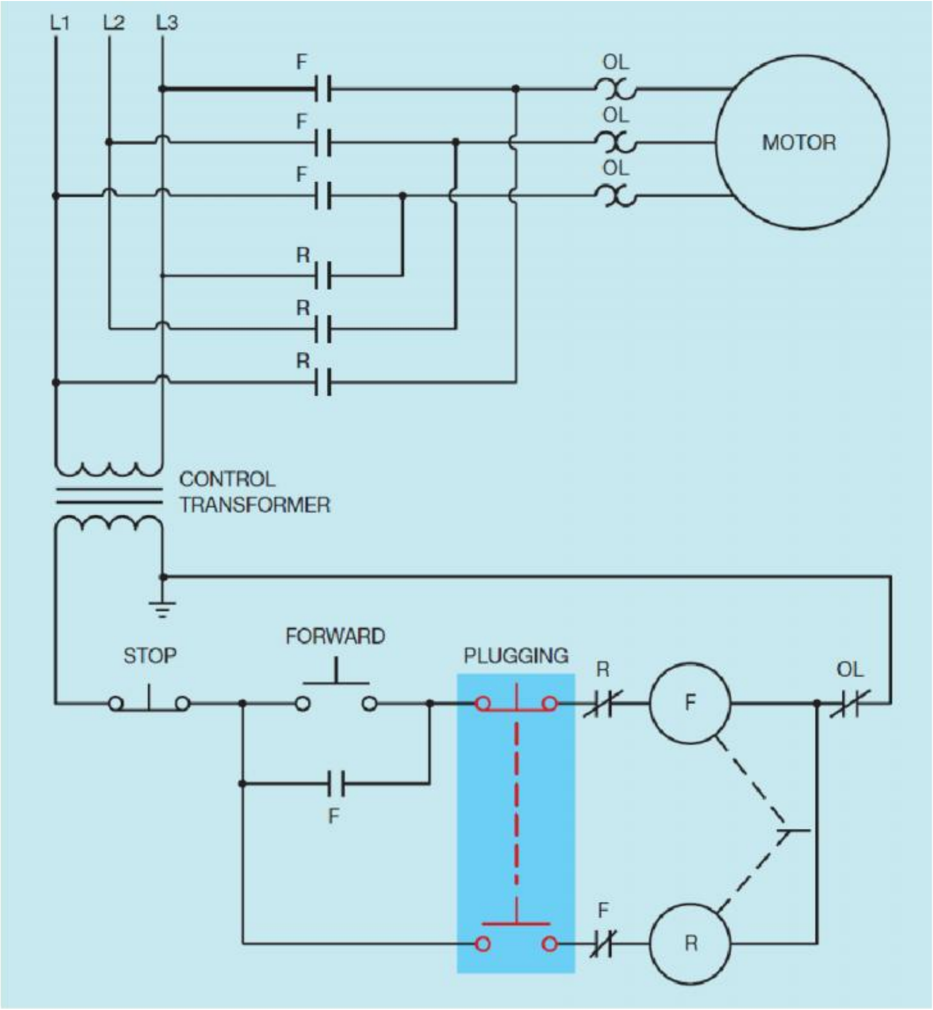
Plugging လုပ်ခြင်း

Plugging လုပ်ခြင်းအား NEMA မှ အဓိပ္ပါယ်ဖွင့်ဆိုသည်မှာ plugging သည် braking လုပ်သည့် စံနစ်တစ်ခုဖြစ်ကာ ယင်းသို့ပြုလုပ်ရာတွင် မော်တာ connection များအား ပြောင်းပြန်လှန်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် မော်တာတွင် retarding force ဖြစ်စေသည့် counter torque ပေါ်ပေါက်လာစေပါသည်။ plugging အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး မော်တာများတွင် အသုံးပြုနိုင်သော်လည်း တြီသွင် ရှဉ့်လောင်အိမ်မော်တာ များတွင်လည်း အမြဲလိုလို အသုံးပြုကြပါသည်။ plugging ပြုလုပ်ရာတွင် တြီသွင်မော်တာများအား ပါဝါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်ကာ မော်တာလည်ပတ်မှုဦးတည်ရာဖက်အား ရုတ်တရက် ပြောင်းလိုက်ခြင်း ဖြစ်ပါသည်။ ယေဘုယျဥပဒေသအရ plugging လုပ်ရာတွင် reversing contactor ၏ အရွယ်အစားသည် စီးဆင်းသည့် လျှပ်စီးပမာဏပိုမိုကြီးမားသည့်အတွက် forward contactor ထက် အရွယ်အစား ကြီးမားပါသည်။ plugging control အတွက် အသုံးပြုနိုင်သော နည်းလမ်းများစွာ ရှိပါသည်။

Manual Plugging ပြုလုပ်ခြင်း

မည်သို့သော plugging control အမျိုးအစားကို အသုံးပြုသင့်သည်ဆိုသော အချက်သည် အမှန်တစ်ကယ် ထိန်းကျောင်းမောင်းနှင်လုပ်ဆောင်မည့် operator အပေါ်တွင်များစွာတည်မှီနေပေသည်။ manual

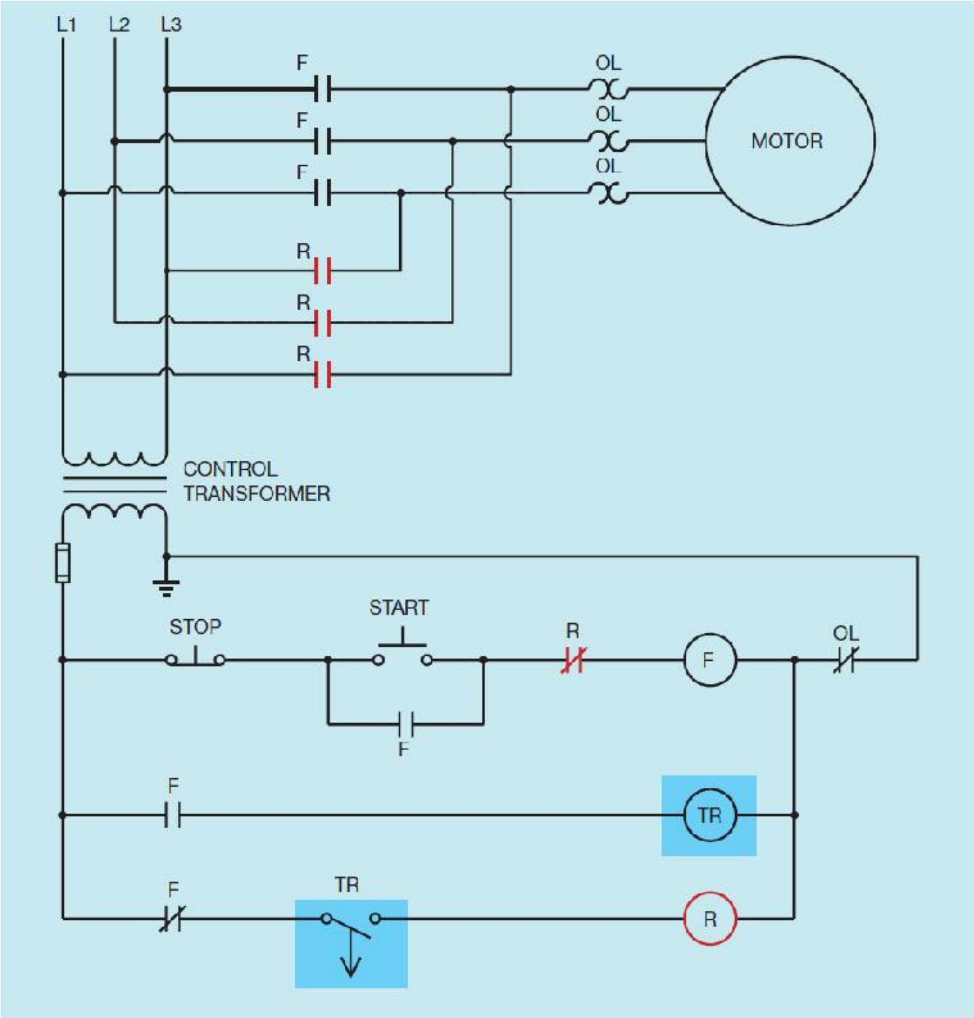
plugging control တစ်ခုအား ပုံ ၄၃.၇ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်း လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် forward-reverse control လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုဖြစ်ကာ ယင်းတွင် reverse contactor အတွက် holding contact မပါရှိခြင်းသာ ကွဲပြားမှုတစ်ခုအဖြစ်ပါရှိပါသည်။ ထို့အတူ PLUGGING push button သည်လည်း လုပ်ဆောင်မှု နှစ်ခု လုပ်နိုင်သော push button ဖြစ်ကာ ယင်း၏ normally closed ဖြစ်နေသော အပိုင်းသည် forward contactor နှင့် တန်းဆက် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ ယင်းကြောင့် PLUGGING push button အား အသုံးပြုမည်ဆိုပါက STOP button အား အလျင်ဦးစွာ မနှိပ်ပဲနှင့် လုပ်ဆောင်မှု မပြုနိုင်ပေ။



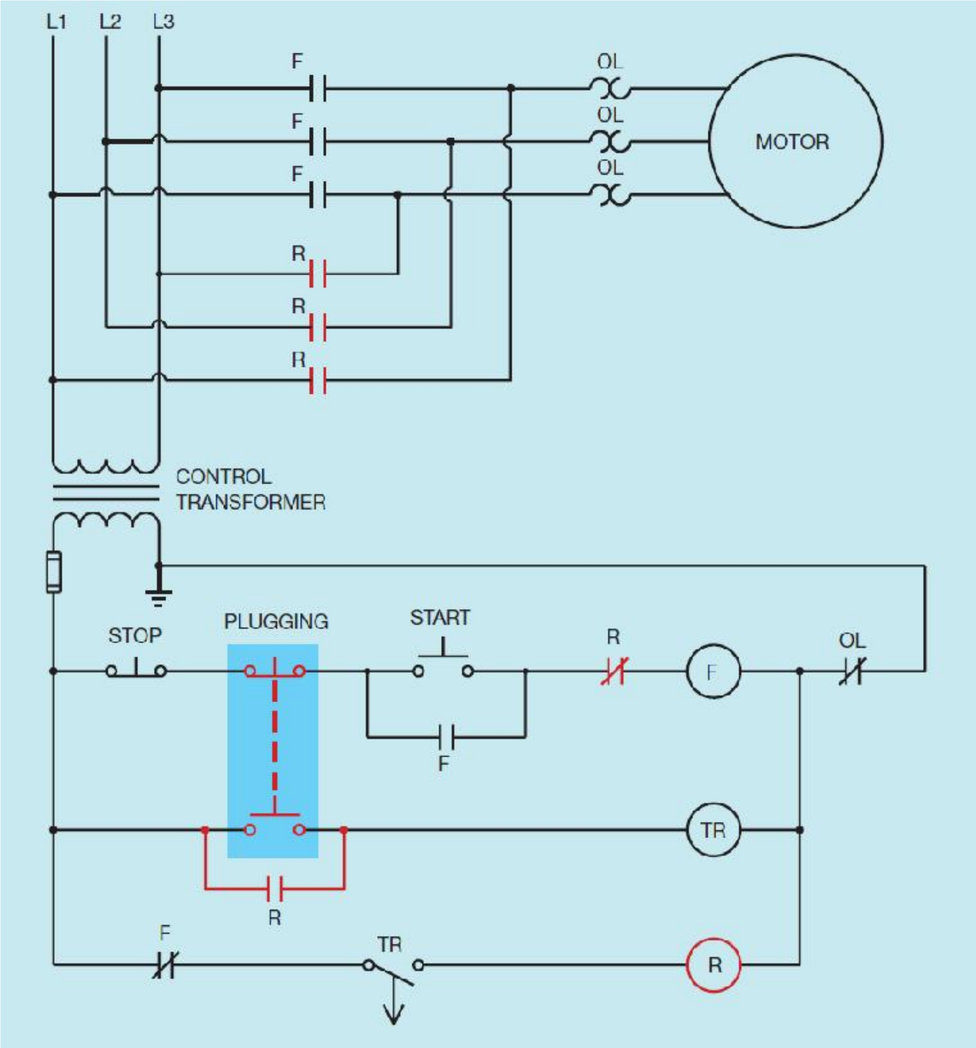
ပုံ ၄၃.၇ manual plugging control

Plugging control ရရှိစေနိုင်မည့် နောက်ထပ်နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ အလိုအလျောက် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား အသုံးပြုခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၃.၈)။ ယင်းသည် ပုံ ၄၃.၆

တွင်ပြသထားသော အချိန်ဖြင့် control လုပ်သည့် dynamic braking အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် အခြေခံ control လျှပ်စီးပတ်လမ်း သဘာဝ အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ reversing contactor နေရာတွင် dynamic brake relay အား အစားထိုး အသုံးပြုထားခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ပြုပြင်ထားသော ယင်း လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၃.၉ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် operator အနေဖြင့် plugging stop အား အသုံးပြုမည် သို့မဟုတ် အသုံးမပြု အစရှိသည်တို့အား ရွေးချယ်နိုင်စေပါသည်။ operator မှ PLUGGING push button အား နှိပ်လိုက်သည်တွင် timer မှ plugging time မည်မျှ ကြာမြင့်မည်ကို control လုပ်ပေးပါသည်။



ပုံ ၄၃.၈ အချိန်အားဖြင့် control ပြုလုပ်သည့် plugging circuit

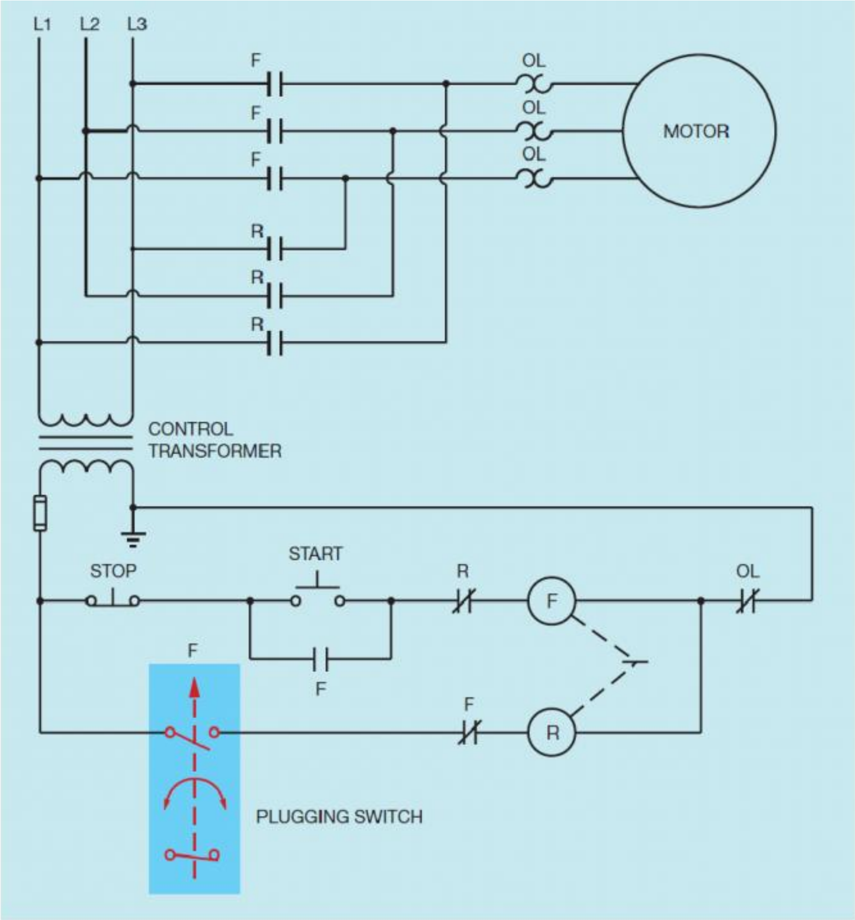


ပုံ ၄၃.၉ plugging stop လုပ်ခြင်းအား operator အားဖြင့် control ပြုလုပ်ပုံ

အချိန်အား plugging အတွက် control လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုသော်လည်း plugging time ကြာမြင့်မှုကြောင့်လည်း ပြဿနာဖြစ်တတ်ပါသည်။ timer အတွက် လုံလောက်သော ကြာမြင့်ချိန်ကို setting လုပ်မထားနိုင်ပါက မော်တာ အပြည့်အဝ မရပ်မီတွင် reversing လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် open ဖြစ်သွားပေမည်။ timer အား setting လုပ်ပေးရာတွင် အလွန်ကြာမြင့်ပါက reversing contactor သည် open မဖြစ်မီတွင် မော်တာသည် ဦးတည်ရာ ပြောင်းပြန်လည်ပေလိမ့်မည်။ မော်တာတစ်လုံးအတွက် plug stopping လုပ်ရန်အတွက် ပိုမိုတိကျသော နည်းမှာ plugging switch သို့မဟုတ် zero speed switch (ပုံ ၄၃.၁၀) အား အသုံးပြုခြင်းဖြစ်ပါသည်။

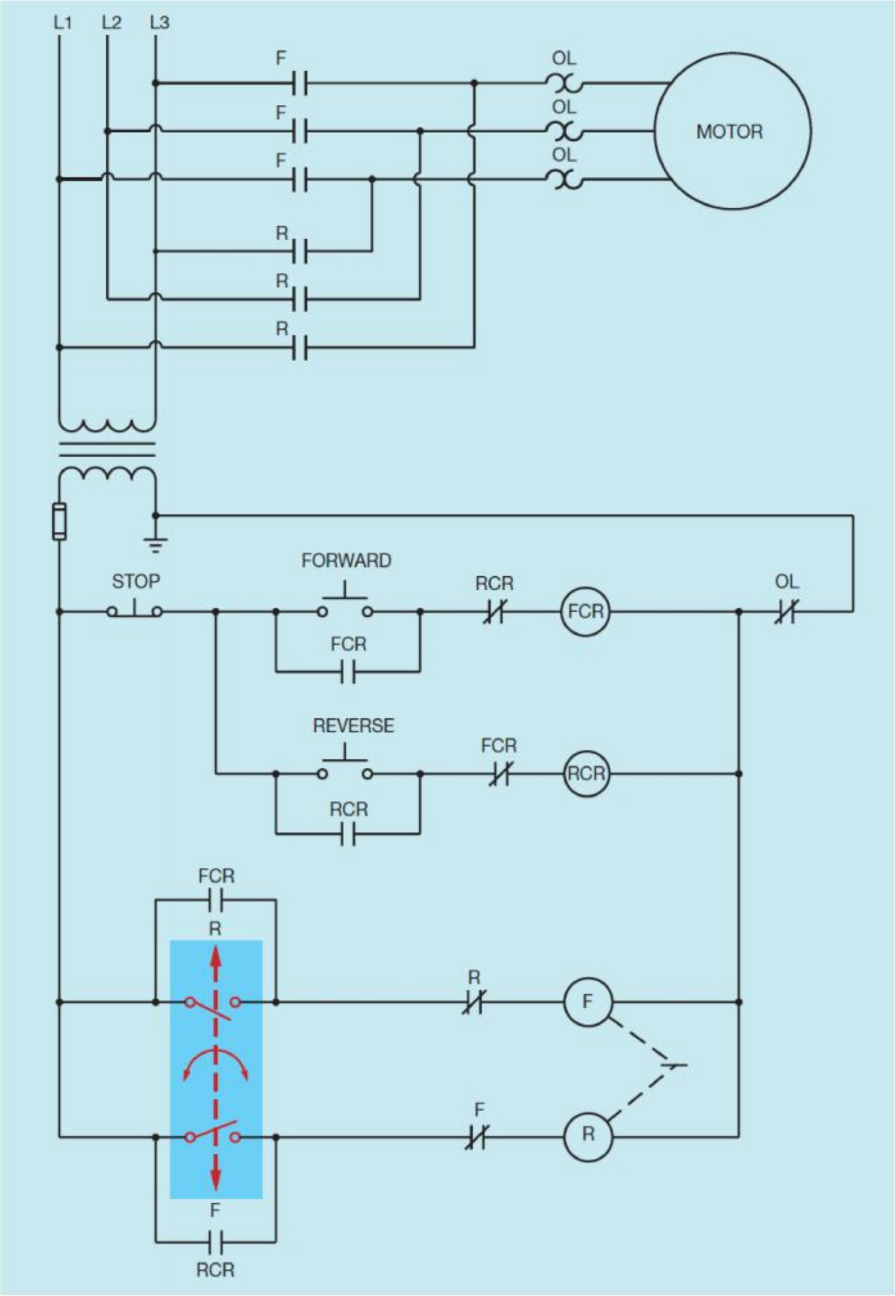
ပုံ ၄၃.၁၀ plugging switch သို့မဟုတ် zero speed switch

plugging switch အား မော်တာ၏ ဝင်ရိုး သို့မဟုတ် မောင်းနှင်လိုသော machine ၏ ဝင်ရိုးတွင် ဆက်သွယ်တပ်ဆင်ရပါမည်။ လည်ပတ်နေသော ဝင်ရိုး၏ ရွေ့လျားမှုသည် plugging switch ထံသို့ ဗဟိုခွာအားအသုံးပြုသော mechanism မှဖြစ်စေ၊ သို့မဟုတ် switch အတွင်းရှိ eddy current induction disc မှ ဖြစ်စေ တစ်နည်းတစ်လမ်း ဖြင့် ကူးပြောင်းသွား ပေမည်။ plugging switch ၏ contact သည် reversing starter ၏ ကွိုင်အား ဆက်သွယ်ထားပါသည် (ပုံ ၄၃.၁၁)။ မော်တာစတင်လည်ပတ်သော အခါတွင် မော်တာ၏ အရှေ့ဘက်သို့ လည်ပတ်မှုသည် normally open ဖြစ်နေသော plugging switch ၏ contact အား close ဖြစ်စေပါသည်။ STOP button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် normally closed ဖြစ်နေသော reversing contactor နှင့် တန်းဆက်ဖြစ်နေသည့် F contact သည် re-close ဖြစ်သွားကာ မော်တာ၏ လည်ပတ်မှုအား ပြောင်းပြန် လည်ပတ်စေပါသည်။ မော်တာ၏ ဝင်ရိုးသည် လည်ပတ်မှုမရှိသောအခါတွင် plugging switch ၏ contact သည် reopen ဖြစ်ကာ reversing contactor အား ဖြတ်တောက်ပြစ်လိုက်မည်ဖြစ်ပါသည်။



ပုံ ၄၃.၁၁ reversing contactor ၏ လုပ်ဆောင်မှုကို plugging switch ဖြင့် control လုပ်ပုံ

normally open ဖြစ်နေသည့် contact နှစ်ခု ပါရှိသော plugging switch များအား forward-reverse control တွင် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ ယင်း switch များသည် STOP button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် plugging stop အား နှစ်ဖက်စလုံးတွင် ရရှိနိုင်ပါသည် (ပုံ ၄၃.၁၂)။ မော်တာလည်ပတ်သော ဦးတည်ရာဖက်သည် မည်သည့် switch မှ close လုပ်ရမည်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးပါသည်။ switch သင်္ကေတသည် switch contact များမှ close လုပ်ရမည့် လည်ပတ်မှု ဦးတည်ရာဖက်ကို ညွှန်ပြပါသည်။



ပုံ ၄၃.၁၂ plugging switch အသုံးပြုထားသော forward-reverse control

အခန်း ၄၄

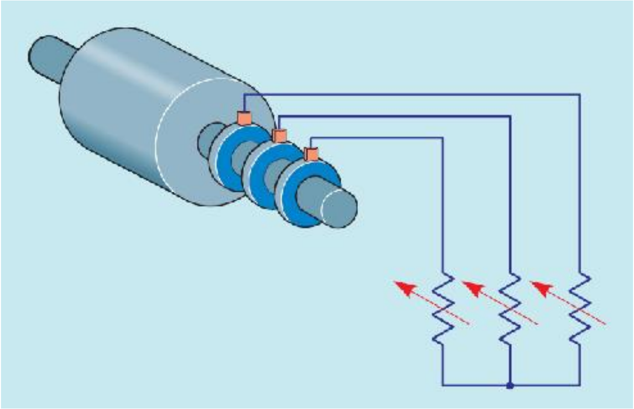
Wound Rotor Induction Motor များ

Wound Rotor Induction Motor များသည် အဓိက တြီသွင် မော်တာ သုံးမျိုးမှ တစ်မျိုးဖြစ်ပါသည်။ ယင်းမော်တာကို rotor shaft အပေါ်တွင် slip ring သုံးခု ပါရှိသောကြောင့် slip ring မော်တာဟုလည်း ခေါ်ဆိုကြပါသည်။ wound rotor မော်တာ၏ stator winding သည် ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာ (squirrel cage motor) နှင့် တစ်ထပ်တည်း တူညီပါသည်။ ယင်း မော်တာနှစ်မျိုး၏ အဓိက ကွာခြားမှုသည် rotor တည်ဆောက်မှု ဖြစ်ပါသည်။ ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာ၏ rotor အား bar များဖြင့် တည်ဆောက်ထားကာ တစ်ဖက်တစ်ချက် စီတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းတို (short circuit) ဖြစ်စေသည့်ကွင်းများဖြင့် ဆက်သွယ်ထားကြပါသည်။ wound rotor induction motor ၏ rotor အား တည်ဆောက်ရာတွင် winding သုံးခုအား သီးခြားစီဖြစ်သော winding များအဖြစ် rotor တွင် ပတ်ထားပါသည် (ပုံ ၄၄.၁)။

ပုံ ၄၄.၁ wound rotor induction motor တစ်လုံး၏ rotor

Wound rotor motor တို့သည် လည်ပတ်နှုန်းကို ထိန်းချုပ်နိုင်သော ပထမဦးဆုံးသော ပြန်လှန်လျှပ်စီး အသုံးပြုသည့် မော်တာအမျိုးအစားဖြစ်ပါသည်။ ယင်းမော်တာတို့သည် အခြားသော တြီသွင်မော်တာ

အမျိုးအစား များနှင့်ယှဉ်ပါက စတင်မောင်းနှင်သည့်လျှပ်စီးပမာဏအပေါ်တွင် အမြင့်ဆုံး starting torque ကို ပေးစွမ်းရရှိစေပါသည်။ ယင်းမော်တာအား လည်ပတ်နှုံး သုညမှသည် အမြင့်ဆုံး လည်ပတ်နှုံး ရရှိသည့်တိုင်အောင် ပြေပြေပြစ်ပြစ်နှင့် အရှိန်ရရှိလာစေရန် အဆင့်များစွာဖြင့် စတင်နိုင်ပါသည်။ wound rotor မော်တာများအား ကွန်ဗေယာများ၊ ကရိန်းများ၊ မစ်ဆာ ရောမွှေစက်များ၊ ပန့်များ၊ လည်ပတ်နှုံး ပြောင်းလဲနိုင်သော ပန်ကာများ နှင့် အခြားသော ပစ္စည်းများစွာတို့တွင် အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းတို့အား gear ဖြင့်မောင်းနှင်ရသော စက်များတွင်လည်း မကြာခဏလိုလိုအသုံးပြု ကြကာ ယင်းတို့သည် gear အသွားများအား ပြတ်ထွက်ခြင်း နှင့် ပျက်စီးခြင်း တို့ဖြစ်စေသော ကြီးမားသော စတင်မောင်းနှင်စဉ် torque ပမာဏ ကြီးကြီးမားမားကို မဖြစ်ပေါ်စေပါ။



ပုံ ၄၄.၂ wound rotor induction motor ၏ rotor ကို ပြင်ပ ခုခံမှုများဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပုံ

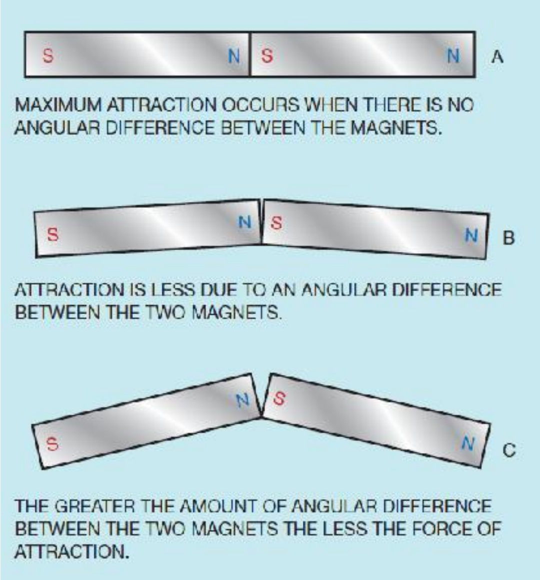
ထို့သွင် rotor winding တွင် stator winding မှာကဲ့သို့ပင် pole အရေအတွက် အတူတူပါရှိပါသည်။ rotor winding ၏ အဆုံးစတစ်ခုစီသည် rotor အတွင်း အတူတကွ ဆက်သွယ်ထားလိုက်ခြင်းအားဖြင့် Wye ပုံစံ ဆက်သွယ်မှုအား ရရှိစေကာ winding တစ်ခုစီ၏ အခြားတစ်ဖက်စီသည် rotor ဝင်ရိုးပေါ်ရှိ slip ring တစ်ခုစီတွင် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ slip ring များတွင် rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် ဆက်သွယ်မှုပြုရန် ပြင်ပ resistance များ တပ်ဆင်နိုင်ပါသည် (ပုံ ၄၄.၂)။ rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ပြင်ပ resistance များအား တပ်ဆင်သည့်အတွက်ကြောင့် rotor winding အတွင်း မော်တာစတင်မောင်းနှင်ချိန်နှင့် ပုံမှန် လည်ပတ်နေစဉ်အချိန်များတွင် စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးအား ထိန်းချုပ်မှုပြုနိုင်မည်ဖြစ်ပါသည်။

ထို့သွင် induction မော်တာများတွင် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် torque ပမာဏအား အဆုံးအဖြတ်ပေးနိုင်သည့် အချက် သုံးခုရှိပါသည်။

- Stator သံလိုက်စက်ကွင်းပြင်းအား

- Rotor သံလိုက်စက်ကွင်းပြင်းအား
- Rotor နှင့် stator flux တို့အကြားရှိ phase angle ကွာခြားမှု

Induction မော်တာတစ်လုံးသည် အခြေခံအားဖြင့် ထရန်စဖော်မာတစ်လုံးနှင့် တူညီသည်ဖြစ်ရာ rotor လျှပ်စီးပမာဏအား ထိန်းချုပ်ခြင်းသည် stator လျှပ်စီးအား control လုပ်သည်နှင့် တူပေသည်။ ယင်းအချက်သည်ပင်လျှင် မော်တာစတင်မောင်းနှင်ချိန်တွင် wound rotor မော်တာအတွက် in-rush လျှပ်စီးတို့အား control လုပ်ရန်ဖြစ်ပါသည်။ in-rush လျှပ်စီးတို့အား ကန့်သတ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် မော်တာ၏ စတင်မောင်းနှင်စဉ်ဖြစ်ပေါ်လာမည့် torque အားလည်း ကန့်သတ်လိုက်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။



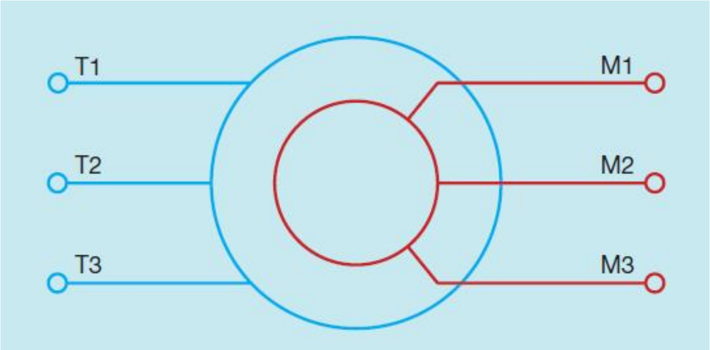
ပုံ ၄၄.၃ ဆွဲငင်အားသည် သံလိုက်နှစ်ခု၏ flux density နှင့် ယင်းတို့အကြားရှိ ထောင့်နှင့် အချိုးကျပါသည်။

တတိယအချက်အနေဖြင့် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် torque ပမာဏ အား stator နှင့် rotor flux တို့အကြားရှိ phase angle ဖြင့် အဆုံးအဖြတ်ပြုနိုင်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ stator နှင့် rotor တို့၏ သံလိုက်စက်ကွင်းများသည် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု တစ်ထပ်တည်းကျနေစဉ်တွင် အမြင့်ဆုံး torque အား ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ဆိုလိုသည်မှာ သံလိုက်ချောင်းနှစ်ခု၏ မြောက်ဝင်ရိုးစွန်းနှင့် တောင်ဝင်ရိုးစွန်း တို့အား ထိကပ်ထားသည်နှင့် အလားသဏ္ဍာန်တူပါသည်။ သံလိုက်များအား ထိုသို့ ထားရှိခြင်းအားဖြင့် ယင်းတို့တွင် ထောင့်ကွာဟမှု မရှိတော့ပဲ (ပုံ ၄၄.၃ (က)) ဆွဲငင်အားသည်လည်း အမြင့်ဆုံးဖြစ်နေပေမည်။ သံလိုက်များအား အတန်ငယ်ခွဲခွာလိုက်ပါက ယင်းတို့အကြားတွင် ထောင့်ကွာဟမှုဖြစ်ပေါ်လာကာ ဆွဲငင်အား ရှိနေသည် ဆိုသော်လည်း ယင်းတို့ အတူဆက်စပ်ထိနေစဉ်ကထက် လျော့နည်းပေသည် (ပုံ ၄၄.၃ (ခ))။

ခွဲခြားထားသော ထောင့်တန်ဘိုး မြင့်မားလာလေလေ၊ ဆွဲငင်အားသည်လည်း နည်းသည်ထက်နည်းသွားလေလေ ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၄.၃ (ဂ))။

ခုခံမှုကို rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ထည့်သွင်းခြင်းအားဖြင့် rotor တွင်ဖြစ်ပေါ်လာမည့် induced လျှပ်စီးအား stator လျှပ်စီးနှင့် phase angle အားဖြင့် ပိုမိုနီးနီးစပ်စပ် တစ်ထပ်တည်းဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းကြောင့် rotor နှင့် stator သံလိုက်စက်ကွင်းများအား အလွန်သေးငယ်သော phase angle ကွာဟမှုကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ယင်းအချက်သည်ပင်လျှင် အခြားသော မည်သည့် တြီသွင်မော်တာတို့နှင့်ယှဉ်ပါက စတင်မောင်းနှင်သည့်လျှပ်စီးပမာဏအပေါ်တွင် အမြင့်ဆုံး starting torque ကို ပေးစွမ်းနိုင်စေပါသည်။

Wound rotor မော်တာတို့၏ stator winding တို့အား အခြားသော တြီသွင်မော်တာများမှာကဲ့သို့ မှတ်သားထားကြကာ ဗို့အား တစ်မျိုးတည်းသာ အသုံးပြုသော မော်တာများအတွက် T1, T2 နှင့် T3 ဟု သတ်မှတ်ထားပါသည်။ ဗို့အား နှစ်မျိုး အသုံးပြုသည့်မော်တာများမှာမူ T leads ကိုးခုရှိကာ ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာများကဲ့သို့ပင်ဖြစ်ပါသည်။ rotor ၏ ထိပ်စွန်းများအား M1, M2 နှင့် M3 ဟု သတ်မှတ်ထားပါသည်။ ထိပ်စွန်း M2 သည် အလယ်ဘက်ဆုံးကျသော slip ring တွင်ရှိနေကာ M3 ထိပ်စွန်းမှာမူ rotor winding နှင့် အနီးဆုံးတွင် ရှိသည့် slip ring နှင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ wound rotor induction motor တစ်လုံး၏ ပုံစံသင်္ကေတ အား ပုံ ၄၄.၄ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

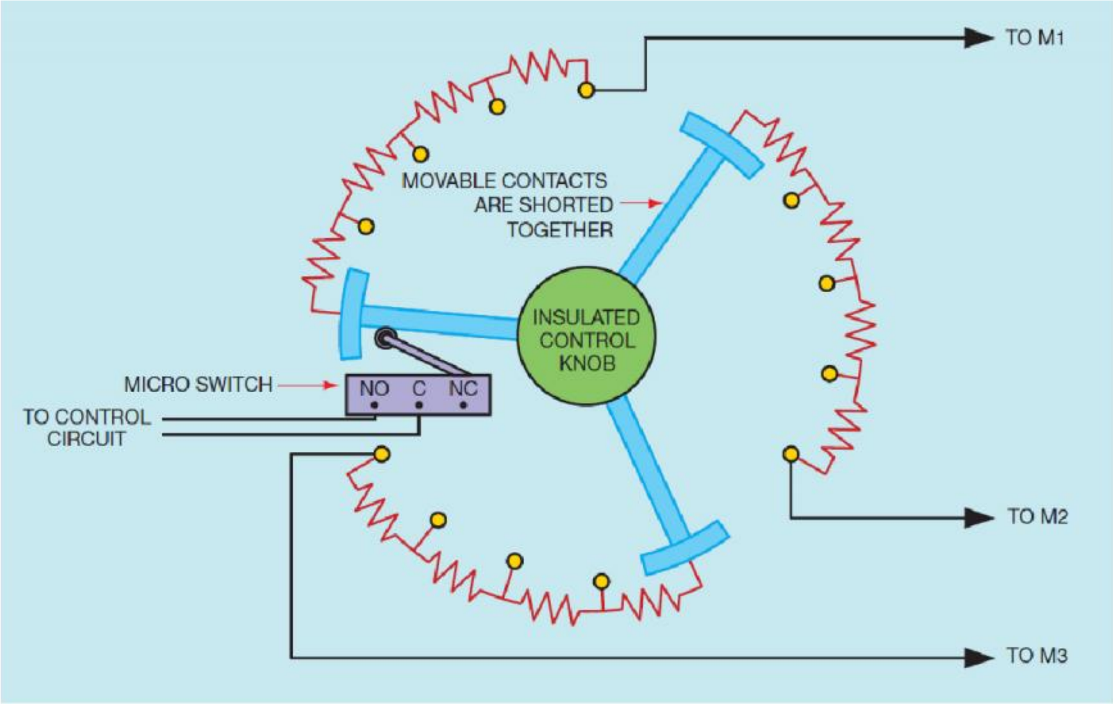


ပုံ ၄၄.၄ wound rotor induction motor တစ်လုံး၏ သင်္ကေတပုံ

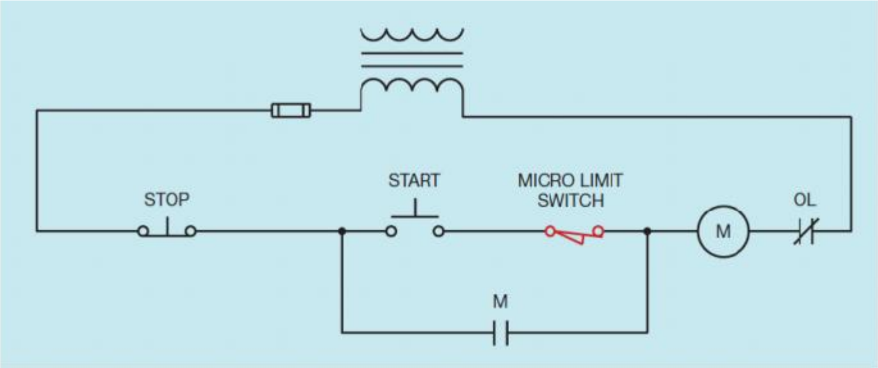
Wound Rotor Motor အား Manual Control ဖြင့် မောင်းနှင်ခြင်း

Wound rotor induction motor တစ်လုံး၏ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင်ရှိသည့် လျှပ်စီးနှင့် လည်ပတ်နှုန်းတို့အား ထိန်းချုပ်ရာတွင် ခုခံမှု ပမာဏတစ်ခုအား rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ထည့်သွင်းခြင်းနှင့် နုတ်ပယ်ခြင်းတို့ကို ပြုလုပ်ခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။ သေးငယ်သော wound rotor motor များအား

manually control လုပ်ရာတွင် pole သုံးခုပါသော make-before-break rotary switch အား အသုံးပြုပါသည်။ ယင်း switch တွင် ခုခံမှု အဆင့်များ ပါဝင်ပါမည် (ပုံ ၄၄.၅)။ controller မှ အမြင့်ဆုံးခုခံမှုအနေအထားအား micro limit switch အားဖြင့် အာရုံခံယူပါသည်။ များသောအားဖြင့် controller တို့သည် ခုခံမှုအားလုံး rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ရှိမနေပါက စတင်မောင်းနှင်ခြင်းမပြုနိုင်ပဲ မော်တာအား အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းဖြင့်သာ စတင်မောင်းနှင်နိုင်စေ ပါသည်။ မော်တာစတင်မောင်းနှင်သည်နှင့် ခုခံမှုအား ထိန်းညှိပေးခြင်းဖြင့် မော်တာ လည်ပတ်နှုန်းအား တိုးမြင့်လာစေပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ခုခံမှုအားလုံးအား ဖယ်ရှားလိုက်ပြီးသည်နှင့် M ထိပ်စွန်းတို့သည် ပတ်လမ်းတို (short circuit) ဖြစ်သွားမည်ဖြစ်ကာ မော်တာသည် လည်ပတ်နှုန်းအပြည့်ဖြင့် လည်ပတ်နိုင်ပြီဖြစ်ပါသည်။ rotor ထိပ်စွန်းများအား ပတ်လမ်းတိုဖြစ်စေကာ wound rotor မော်တာအား လည်ပတ်မောင်းနှင်စေသော သဘာဝသည် ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာနှင့် အလွန်သဏ္ဍာန်တူပေသည်။ manual controller အဖြစ် အသုံးပြုသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ပုံ ၄၄.၆ တွင် ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၄၄.၅ wound rotor induction motor တစ်လုံးအတွက် manual controller



ပုံ ၄၄.၆ manual အားဖြင့် control လုပ်သော wound rotor motor ၏ control လျှပ်စီးပတ်လမ်း

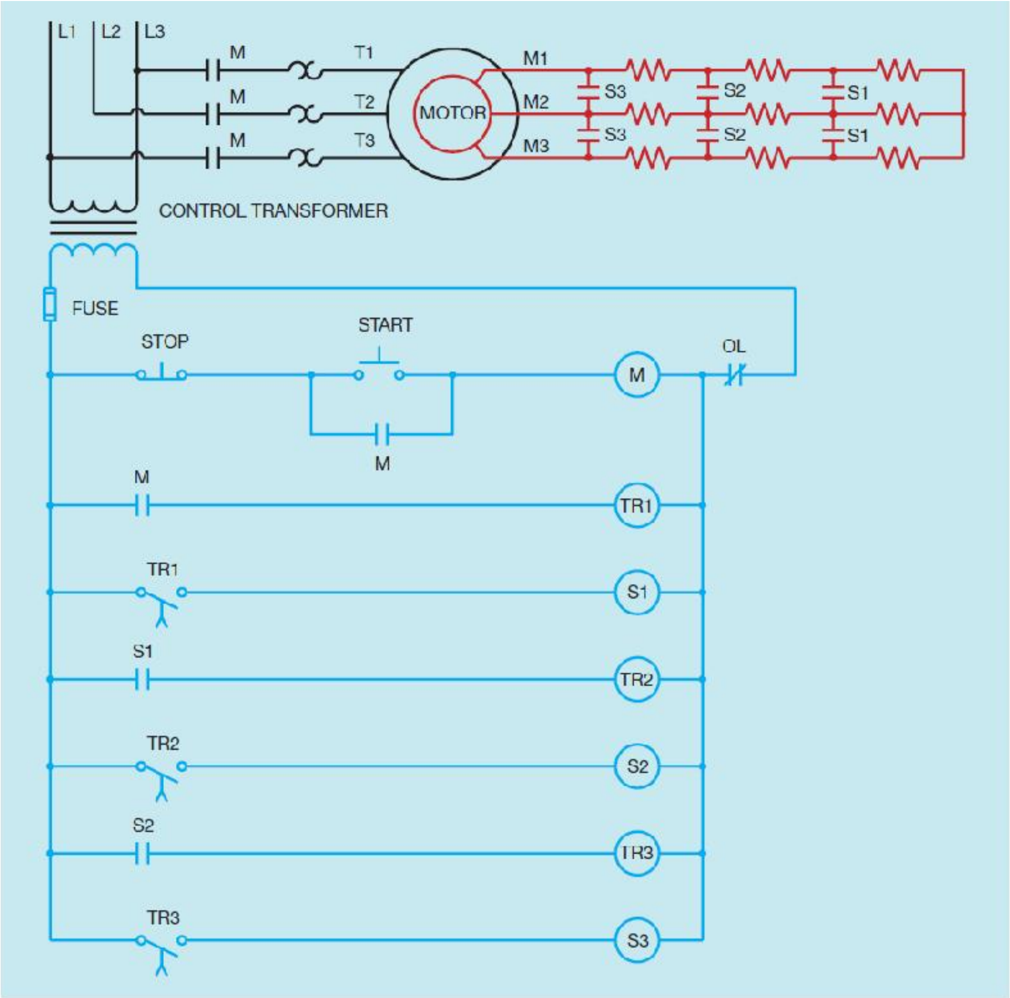
Timed Controll ဖြင့် Starting ပြုလုပ်ခြင်း

Wound rotor မော်တာအား စတင်မောင်းနှင်ရန်အတွက် နောက်ထပ် နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ time delay relay ကို အသုံးပြုခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ မောင်းနှင်လိုသော စက်၏ လိုအပ်ချက်များ အပေါ်မူတည်ကာ လိုအပ်သလို အဆင့်များအား ထည့်သွင်းအသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ အဆင့်လေးဆင့်ဖြင့် စတင်မောင်းနှင်သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၄.၇ တွင်ပြသထားပါသည်။

ထိုသို့ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် START button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် မော်တာ starter ဖြစ်သော M သည် energize ဖြစ်သွားကာ M contact များအားလုံးအား close လုပ်လိုက်ပါသည်။ ထိုအချိန်တွင် load contact များအားလုံးတို့သည် stator winding အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်မိစေပါသည်။ ခုခံမှုအားလုံးတို့သည်လည်း rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ဆက်သွယ်လိုက်ပြီ ဖြစ်ကာ မော်တာသည် အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် စတင် လည်ပတ်ပြီဖြစ်ပါသည်။ M auxiliary contact များ close လုပ်သည်နှင့် timer TR1 သည် အချိန်ရေတွက်မှုကို စတင်ပြုလုပ်ပါသည်။ အချိန်ရေတွက်မှု ပြီးဆုံးသည်နှင့် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော contact TR1 သည် close ဖြစ်ကာ contactor S1 ၏ ကွိုင်အား energize ဖြစ်စေပါသည်။

ယင်းအချက်ကြောင့် load contact S1 တို့သည် close ဖြစ်ကာ rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်းရှိနေသော ပထမဦးဆုံးသော ခုခံမှုအတွဲအား ပတ်လမ်းတိုဖြစ်စေခြင်းအားဖြင့် ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါသည်။ ယခုအခါတွင် မော်တာသည် ဒုတိယ လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် မောင်းနှင်မှုအရှိန်ရရှိလာပြီဖြစ်ပါသည်။ S1 auxiliary contact သည် timer TR2 အား စတင်လုပ်ဆောင်စေပါသည်။ သတ်မှတ်အချိန်ပြီးမြောက်သောအခါတွင် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော contact TR2 သည် close ဖြစ်သွားကာ contactor S2 အား energize

ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် S2 load contact များသည် close ဖြစ်သွားကာ ဒုတိယ ခုခံမှုအတွဲအား shunt သဘာဝအားဖြင့် ဖယ်ရှားထုတ်လိုက်ပါသည်။ ထိုအချိန်တွင် မော်တာသည် တတိယ လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်မှုအရှိန်ရရှိလာပါသည်။ ထိုသို့ ဆက်လက်လုပ်ဆောင်ခြင်းအား ခုခံမှုအားလုံးတို့အား ပတ်လမ်းတိုအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ဖယ်ရှားထုတ်လိုက်ကာ မော်တာအား လည်ပတ်နှုန်းအပြည့်ဖြင့် လည်ပတ်လာနိုင်စေပါသည်။



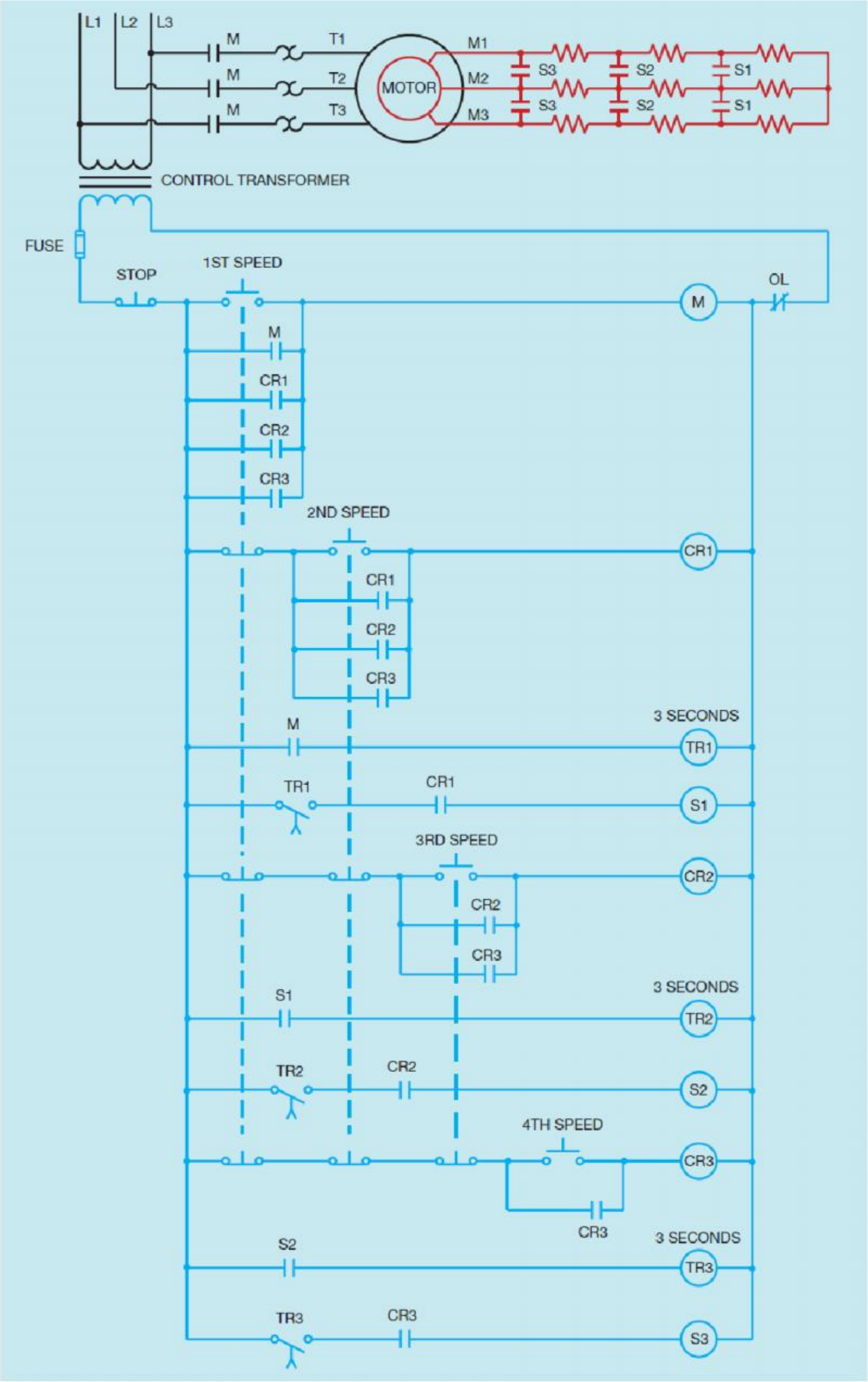
ပုံ ၄၄.၇ အချိန်သတ်မှတ် စတင်မောင်းနှင်သော wound rotor induction motor တစ်လုံး

ပုံ ၄၄.၇ တွင်ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် startor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုဖြစ်ကာ ယင်းတွင် မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း ခုခံမှုကျန်ရှိနေစေခြင်းအားဖြင့် control မလုပ်နိုင်ပေ။ START button အား နှိပ်လိုက်သည့် အချိန်တိုင်း အချိန်တိုင်းတွင် မော်တာသည်

လည်ပတ်နှုန်းအပြည့်ရရှိလာသည်အထိ တစ်ဆင့်ပြီးတစ်ဆင့် လည်ပတ်မှုအရှိန်ကို ရရှိလာစေပါသည်။ မော်တာ starting circuit တို့တွင် ယေဘုယျအားဖြင့် လည်ပတ်နှုန်းအား control လုပ်ရန် ရည်ရွယ်ထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းများနှင့် နိူင်းယှဉ်ပါက ဂပ်ပမာဏ နည်းသော ခုခံမှုများအား အသုံးပြုကြကာ မော်တာစတင်ချိန် အနည်းငယ်မျှအတွက်ကိုသာ အသုံးပြုရန် ရည်ရွယ်ထားခြင်း ကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ controller များသည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း တစ်ချိန်လုံးရှိနေစေရန် အတွက် လုံလောက်သော ဂပ်အားပမာဏရှိသော ခုခံမှုများအား အသုံးပြုကြရမည်ဖြစ်ပါသည်။

Wound Rotor လည်ပတ်နှုန်းကို Control လုပ်ခြင်း

အချိန်အားဖြင့်လုပ်ဆောင်သော controller လျှပ်စီးပတ်လမ်း တစ်ခုအား ပုံ ၄၄.၈ တွင် ဖော်ပြပြီးဖြစ်ပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် အမြန်နှုန်းထိန်းချုပ်သည့် အဆင့်လေးဆင့်ပါရှိပါသည်။ သီးခြား push button လေးခုပါရှိသည့်အတွက် မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား အလိုရှိသလို ရွေးချယ်နိုင်ပါသည်။ အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းမှလွဲ၍ အခြား မည်သည့် လည်ပတ်နှုန်းကို မဆို ရွေးချယ်သည်ဖြစ်စေ၊ သို့မဟုတ် ပထမ အမြန်နှုန်းကို ရွေးချယ်သည်ဖြစ်စေ၊ မော်တာသည် အဆင့်တစ်ခုနှင့် တစ်ခု အကြား ၃ စက္ကန့်မျှ အချိန်နှောင်းလျှက် လည်ပတ်မှုအရှိန် ရရှိလာပေမည်။ မော်တာသည် အနိမ့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်နေကာ ပိုမိုမြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းအား ရွေးချယ်ခဲ့သည်ဆိုပါက မော်တာသည် လက်ရှိလည်ပတ်နေသော လည်ပတ်နှုန်းတွင် ၃ စက္ကန့်ထက်ပိုမိုကာ လည်ပတ်နေခဲ့ပြီးပါက ရုတ်တရက် နောက်လည်ပတ်နှုန်းတစ်ဆင့်သို့ တိုးတက်သွားပေမည်။ ဉပမာအားဖြင့် ယူဆကြည့်ပါက မော်တာသည် ဒုတိယလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် ၃ စက္ကန့်ထက်ပိုကာ လည်ပတ်မောင်းနှင်ပြီးဖြစ်ပေမည်။ အကယ်၍ စတုတ္ထမြောက် လည်ပတ်နှုန်းအား ရွေးချယ်ခဲ့ပါက မော်တာသည် တတိယမြောက် လည်ပတ်နှုန်းဆီသို့ ရုတ်ချည်း တိုးတက်သွားကာ ၃ စက္ကန့်ကြာပြီးသည့်နောက်တွင် စတုတ္ထမြောက် လည်ပတ်နှုန်းသို့ တိုးတက်သွားပေမည်။ မော်တာသည် လည်ပတ်နေစဉ် အနိမ့်ဆုံး အဆင့်အား ရွေးချယ်ခဲ့ပါက မော်တာ၏ အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းသို့ အချိန်မဆိုင်းပဲ လျော့ကျသွားမည်ဖြစ်ပါသည်။



ပုံ ၄၄.၈ အချိန်အားဖြင့် လည်ပတ်နှုန်းကို control လုပ်သည့် wound rotor induction motor တစ်လုံး

Frequency Control ပြုလုပ်ခြင်း

Frequency Control ဟူသော ဥပဒေသမှာ မော်တာ၏ secondary (rotor) ဘက်ခြမ်းတွင် ဖြစ်ပေါ်လာသော induced voltage ၏ ဖရီကွင်စီသည် မော်တာလည်ပတ်နှုန်းမြင့်တက်လာသည်နှင့် လျော့ကျသွားမည်ဖြစ်ပါသည်။ rotor winding တွင် stator တွင် ရှိသော pole အရေအတွက်အတိုင်း တူမျှစွာ ပါရှိပါသည်။ မော်တာ ရပ်တန့်သွားစဉ်တွင် ပါဂါအား stator winding များထံသို့ ပေးပို့ထားပါက rotor တွင် induced ဖြစ်လာမည့် ဗို့အားသည် ပါဂါလိုင်း၏ ဖရီကွင်စီနှင့် အတူတူပင်ဖြစ်ပေမည်။ rotor စတင်လည်ပတ်ပါက stator ၏ လည်ပတ်သံလိုက်စက်ကွင်း နှင့် rotor winding များအကြား cutting action သည် လျော့ကျသွားပေမည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် induced voltage နှင့် ဖရီကွင်စီ နှစ်ခုစလုံးတို့အား လျော့ကျစေပါသည်။ rotor လည်ပတ်နှုန်းမြင့်မားလာလေလေ ဖရီကွင်စီနိမ့်ပါးလာပြီး induced voltage ပမာဏ သည်လည်း ကျဆင်းလာပေမည်။ rotor လည်ပတ်နှုန်းနှင့် synchronous speed တို့၏ ကွာဟမှု (လည်ပတ် သံလိုက်စက်ကွင်း၏ လည်ပတ်နှုန်း) အား slip ဟုခေါ်ကာ ရာခိုင်နှုန်းအားဖြင့် တိုင်းတာဖော်ပြပါသည်။ မော်တာ၏ stator winding တွင် ဖေ့စ်တစ်ခုစီတွင် pole လေးခုရှိသည်ဟု ယူဆပါမည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် ဖရီကွင်စီ ၆၀ဟာ့ဇ်အား အသုံးပြုနေစဉ်တွင် synchronous speed အားဖြင့် တစ်မိနစ်လည်ပတ်နှုန်း ၁၈၀၀ ကို ရရှိပါသည်။ ယခုအခါတွင် rotor သည် တစ်မိနစ်လျှင် ၁၇၁၀ နှုန်းဖြင့်လည်ပတ်နေသည်ဟု ယူဆကြပါမည်။ ယင်းကြောင့် လည်ပတ်နှုန်း ကွာဟမှုသည် တစ်မိနစ်လျှင် ၉၀ ရှိပါမည်။ ယင်းကြောင့် မော်တာအတွက် ၅% slip ကို ရရှိပါသည်။

$$Slip = \frac{90}{1800}$$

$$Slip = 0.05$$

$$Slip = 5\%$$

Rotor ဖရီကွင်စီ ၃ ဟာ့ဇ် ရှိစဉ်တွင် Slip တန်ဖိုး ၅% ရှိပေမည်။

$$F = 60Hz \; x \; 0.05$$

$$F = 3Hz$$

သို့မဟုတ်

$$F = \frac{PS}{120}$$

$$F = \frac{4 \; x \; 90}{120}$$

$$F = \frac{360}{120}$$

$$F = 3Hz$$

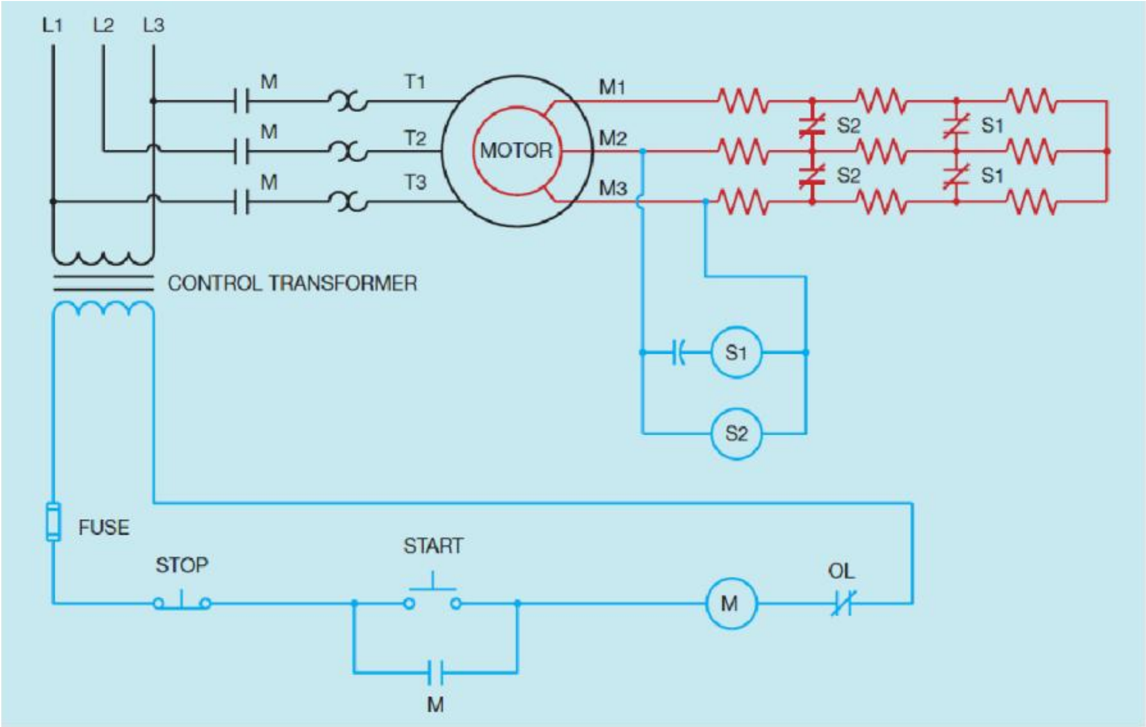
၌တွင်

F = ဟာ့ဇ်ဖြင့်ဖော်ပြသော ဖရီကွင်စီတန်ဖိုး

P = ဖေ့စ်တစ်ခုတွင် ရှိသည့် pole အရေအတွက်

S = RPM ဖြင့်ဖော်ပြသော လည်ပတ်နှုန်း

၁၂၀ = ကိန်းသေတန်ဖိုး



ပုံ ၄၄.၉ wound rotor induction motor တစ်လုံးအတွက် frequency control

ဖရီကွင်စီ relay အသုံးပြုထားသော wound rotor motor starter တစ်လုံး၏ ပုံအား ပုံ ၄၄.၉ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်း ဖရီကွင်စီ ရီလေးအား မော်တာ၏ secondary winding တွင် တပ်ဆင်ထားသည်ကို သတိပြုထားရန်ဖြစ်ကာ load contact များအား normally open အစား normally closed ဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ ထပ်ဆောင်းမှတ်သားရန်မှာ capacitor တစ်လုံးအား ဖရီကွင်စီ relay တစ်ခုနှင့် တန်းဆက် ဆက်သွယ်ထားခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ပြန်လှန်လျှပ်စီး လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် capacitor ၏ လျှပ်စီး ကန့်သတ်မှုပြသော အချက်အား capacitive reactance ဟုခေါ်ဆိုပါသည်။ capacitive

reactance သည် ဖရီကွင်စီနှင့် ပြောင်းပြန်အချိုးကျပါသည်။ ဖရီကွင်စီကျဆင်းမှုကြောင့် capacitive reactance အား တိုးတက်လာစေပါသည်။

START button အား နှိပ်လိုက်သော အခါတွင် M contactor သည် energize ဖြစ်သွားကာ stator winding အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ ယင်းကြောင့် rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ဖရီကွင်စီ မြင့်မားမှုဖြင့် induced voltage တစ်ခုအား ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ယင်း မြင့်မားသော ဖရီကွင်စီသည် S1 နှင့် S2 contactor တို့အား energize ဖြစ်စေကာ load contact များအား open ဖြစ်စေပါသည်။ rotor သည် ယခုအခါတွင် အမြင့်ဆုံး ခုခံမှုနှင့် ဆက်သွယ်ပြီးဖြစ်ကာ အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုံးဖြင့် စတင်လည်ပတ်ပါသည်။ ဖရီကွင်စီ ကျဆင်းလာလေလေ capacitive reactance တိုးလာလေလေဖြစ်ကာ contactor S1 အား အလျင်ဦးစွာ de-energize ဖြစ်ပြီးနောက် S1 contact များအား re-close လုပ်ပါသည်။ ယခုအခါတွင် မော်တာသည် လည်ပတ်နှုံးမြင့်တက်လာပြီဖြစ်ကာ induced voltage နှင့် ဖရီကွင်စီ တို့ နှစ်မျိုးစလုံးအား လျော့ကျခြင်းကို ဖြစ်စေပါသည်။ contactor S2 သည် de-energize ဖြစ်သောအခါတွင် S2 load contact တို့သည် re-close ဖြစ်ကာ ဒုတိယ ခုခံမှုအတွဲအား ပတ်လမ်းတိုသဘာဝအားဖြင့် ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါသည်။ ယခုအခါတွင် မော်တာသည် အမြင့်ဆုံး လည်ပတ်နှုံးဖြင့် လည်ပတ်ပြီဖြစ်ပါသည်။

ဖရီကွင်စီ အားဖြင့် control လုပ်ခြင်း၏ အဓိက အားနည်းချက်မှာ ခုခံမှုပမာဏ အနည်းငယ်သည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း အမြဲတမ်း ရှိနေစေရမည်ဖြစ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ မော်တာအား ပါဝါစတင်ပေးလွှတ်လိုက်သည်နှင့် ဖရီကွင်စီ relay ၏ load contact များသည် closed ဖြစ်သွားပါသည်။ closed ဖြစ်သွားသော contact တစ်စုံသည် M ထိပ်စွန်းများဆီသို့ တိုက်ရိုက်ဆက်သွယ်သည်ဖြစ်သော် ဖရီကွင်စီ relay လုပ်ဆောင်နိုင်စေရန်အတွက် မည်သည့်ဗို့အားမျှ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းမရှိသည့်အတွက် ယင်းတို့၏ နဂိုမူလ closed ဖြစ်လျှက်ရှိသော contact များတို့အား မည်သို့မျှ open လုပ်နိုင်မည်မဟုတ်တော့ပေ။

ဖရီကွင်စီအားဖြင့် control လုပ်ခြင်း၏ အခြားသော control အမျိုးအစားများထက် ကောင်းမွန်သော အချက်မှာ မော်တာ၏ ဝန်အားပြောင်းလဲမှုအပေါ်တွင် အလွန် တုန့်ပြန်မှုကောင်းမွန်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာအား လျော့ပါးသော ဝန်အားဖြင့် ချိတ်ဆက်မောင်းနှင်ပါက rotor သည် လည်ပတ်နှုံးကို အလျင်အမြန် ရရှိနိုင်ကာ မော်တာအား အရှိန် လျှင်မြန်စွာ ရရှိစေပါသည်။ မော်တာ၏ ဝန်အားသည် ကြီးမားပါက rotor သည် နိမ့်ပါးသော လည်ပတ်နှုံးကို ရရှိကာ လည်ပတ်နှုံးအား တဖြေးဖြေး မြှင့်တင်ခြင်းအားဖြင့် ဝန်အား၏ အင်နားရှားကို ခုခံကျော်လွှန်စေရန်အတွက် ကူညီမှုပေးပါသည်။

အခန်း ၄၅

Synchronous Motor များ

Synchronous motor များဟု ခေါ်ဆိုရခြင်းမှာ ယင်းမော်တာတို့၏ synchronous speed ဖြင့် လည်ပတ်မောင်းနှင်နိုင်သော အရည်အသွေးကြောင့် ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းမော်တာတို့သည် induction motor များ မဟုတ်ကြသည့်အတွက် လည်ပတ်သံလိုက်စက်ကွင်း (rotating magnetic field) ၏ လည်ပတ်နှုန်း အတိုင်း လည်ပတ်နိုင်ကြပါသည်။ ယင်းတို့တွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာ (squirrel cage motor) များ သို့မဟုတ် wound rotor induction motor များ မှ ကွဲပြားသော အရည်အသွေးများအား ပြသနိုင်ကြပါ သည်။ ယင်းတို့အထဲမှ အရည်အသွေး အချို့မှာ

- ယင်းမော်တာတို့သည် synchronous speed ဖြင့် မောင်းနှင် လုပ်ဆောင်နိုင်ကြသည်။
- ဂန်အား မရှိသည့်အခြေအနေမှဂန်အားအပြည့်အခြေအနေအထိ တသမတ်လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လုပ်ဆောင်နိုင်ကြသည်။ synchronous motor တို့သည် synchronous speed ဖြင့်ဖြစ်စေ၊ သို့မဟုတ် ဂန်အားများကြောင့် ရုတ်တရက်မလည်ပတ်ပတ်နိုင်ခြင်းနှင့် ရပ်တန့်ခြင်းတို့ကို လုပ်ဆောင်နိုင်ပါသည်။
- ယင်း မော်တာတို့သည် ပါဂါဖက်တာကို စော (lead) သည့်တန်ဖိုး ရရှိစေပါသည်။
- ယင်းမော်တာတို့သည် တစ်ခါတစ်ရံတွင် ဂန်အားမပါဘဲ မောင်းနှင်ခြင်းအားဖြင့် ပါဂါဖက်တာ တိုးတက်ကောင်းမွန်လာစေရန် အကူအညီပေးပါသည်။ ယင်းသို့သော အခြေအနေမျိုးဖြင့် မောင်းနှင်နိုင်မှုကြောင့် ယင်းတို့အား synchronous condenser ဟူ၍လည်း ခေါ်ဆိုကြပါသည်။
- Rotor အား ပြင်ပမှ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး (DC current) ရင်းမြစ်တစ်ခုဖြင့် လှုံ့ပေး (excite) ရမည်ဖြစ်ပါသည်။
- ယင်းတို့တွင် အထူးပြုလုပ်ထားသော amortisseur ဟုခေါ်သော ရှဉ့်လှောင်အိမ် winding ပါရှိကာ ယင်းကို မော်တာ စတင်မောင်းနှင်မှုအတွက် အသုံးပြုပါသည်။

Synchronous motor အား စတင်မောင်းနှင်ခြင်း

synchronous motor စတင်မောင်းနှင်ရာတွင် amortisseur ဟုခေါ်သော အထူးပြုလုပ်ထားသည့် ရှဉ့်လှောင်အိမ် winding ကို အသုံးပြုပါသည်။ synchronous motor တစ်လုံး၏ rotor ကို ပုံ ၄၅.၁ တွင် ပြသထားပါသည်။ amotisseur winding သည် type A ရှဉ့်လှောင်အိမ် winding နှင့် သဏ္ဍာန်တူပါသည်။ ယင်းမှ ကောင်းမွန်သော starting torque ကို ပေးနိုင်ကာ စတင်မောင်းနှင်စဉ် ရှိမည့်လျှပ်စီးကိုလည်း အတော်အတန် နိမ့်ပါးစေပါသည်။ synchronous motor မှ လည်ပတ်မှု အရှိန် သည် လည်ပတ်သံလိုက်စက်ကွင်း၏ လည်ပတ်နှုန်း (synchronous speed) အနီးသို့ နီးစပ်လာသောအခါတွင် rotor အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးထုတ်ပေးနိုင်သည့် ရင်းမြစ်တစ်ခုနှင့် ချိတ်ဆက်ပေးလိုက်ကာ excite လုပ်ပေးရပါမည်။

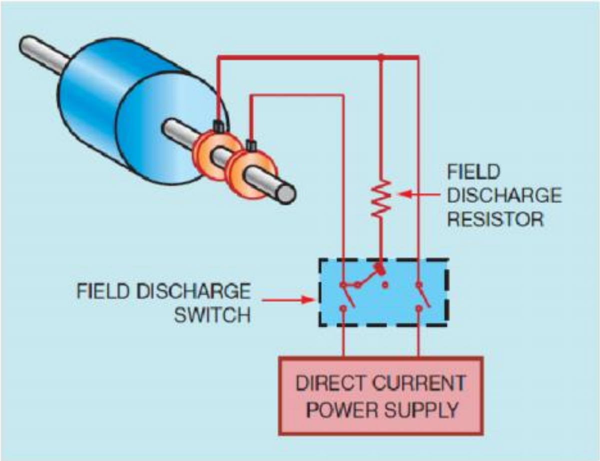
ပုံ ၄၅.၁ synchronous motor ၏ rotor

ထိုသို့ excite လုပ်ပေးခြင်းအားဖြင့် rotor တွင် wound လုပ်ထားသော pole piece များတို့သည် လျှပ်စစ်သံလိုက်များဖြစ်ကုန်ကြပါသည်။ ယင်း လျှပ်စစ်သံလိုက်တို့သည် stator ၏ လည်ပတ်သံလိုက် စက်ကွင်းနှင့် lock ဖြစ်နေခြင်းအားဖြင့် မော်တာသည် synchronous speed ဖြင့် လည်ပတ်ပါသည်။ synchronous motor တစ်လုံးကို rotor အား excitation ပေးထားသောအခြေအနေဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ခြင်းမပြုရပေ။ pole piece များမှ သံလိုက်စက်ကွင်းသည် လည်ပတ် သံလိုက်စက်ကွင်း အား ဆွဲငင်ခြင်းနှင့် တွန်းကန်ခြင်းတို့ကို တလှည့်စီပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် မည်သည့် ဦးတည်ရာဘက် အတွက်မဆို torque ဖြစ်ပေါ်လာခြင်းမရှိပေ။ မြင့်မားသော induced voltage တို့သည် rotor winding

အား ပျက်စီးစေသကဲ့သို့ rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် ဆက်သွယ်နေသမျှသော အခြားသော အစိတ်အပိုင်းများကိုလည်း ပျက်စီးစေတတ်ပါသည်။ excitation current ကို synchronous speed နှင့် နီးစပ်သော လည်ပတ်မှု အရှိန် ရရှိပြီးသော အခါတွင်မှ rotor အား ဆက်သွယ်ပေးသင့်ပါသည်။

လှုံ့လျှပ်စီး (Excitation Current)

Synchronous motor တစ်လုံး၏ rotor အား excitation current ပေးရန်အတွက် နည်းလမ်းများစွာရှိရာ ယင်းတို့တွင် slip ring များမှ ပေးပို့ခြင်း၊ brushless exciter နှင့် ဒီစီဂျင်နရေတာ တစ်လုံးတို့မှ ပေးပို့ခြင်း အစရှိသည့် နည်းလမ်းများတို့ဖြစ်ကြပါသည်။ သေးငယ်သော synchronous motor တို့တွင် ယေဘုယျအားဖြင့် rotor ဝင်ရိုးအပေါ်တွင် slip ring နှစ်ခုပါရှိပါသည်။ brush တစ်တွဲအား အသုံးပြုကာ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးကို rotor သို့ပေးပို့ပါသည် (ပုံ ၄၅.၂)။



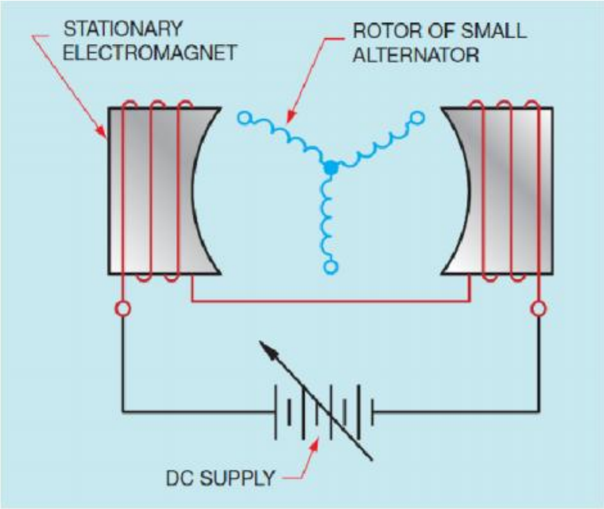
ပုံ ၄၅.၂ မော်တာစတင်မောင်းနှင်ချိန်တွင် field discharge resistor တစ်လုံးအား rotor winding နှင့် အပြိုင်ဆက်သွယ်ထားပါသည်။

Manual starting ကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက rotor အား လူအားဖြင့် အရှိန်ရလာစေကာ synchronous speed အနီးသို့ရောက်သောအချိန်အထိ operator မှ excite လုပ်ပေးရမည်ဖြစ်ပါ သည်။ ထိုသို့ အရှိန်ရလာစေရန် ပြုလုပ်စဉ်တွင် rotor တွင် မြင့်မားသော ဗို့အားများ ဖြစ်ပေါ်လာတတ်ပါ သည်။ field discharge resistor ဟုခေါ်သော ခုခံမှုတစ်ခုအား rotor winding နှင့် အပြိုင် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ ယင်းသည် မော်တာစတင်ချိန်တွင် ဖြစ်တတ်သော induced voltage ပမာဏအား ကန့်သတ်ပေးရန်နှင့်

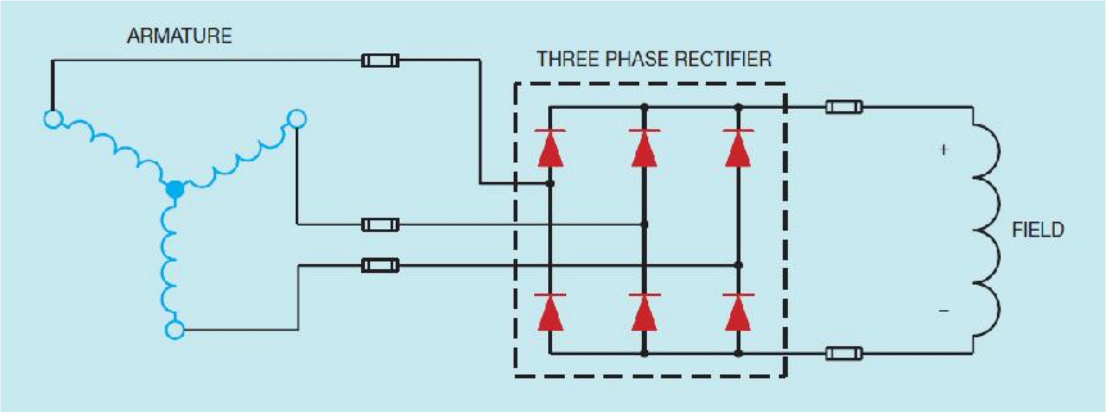
မော်တာရပ်တန့်ကာ excitation current အား ဖြတ်တောက်လိုက်သောအချိန်တွင် သံလိုက်စက်ကွင်း ပြိုလဲခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော induced voltage ပမာဏ အား ကန့်သတ်ပေးနိုင်စေရန်ဖြစ်ပါသည်။ field discharge switch တစ်ခုအား အသုံးပြုကာ excitation current အား rotor ထံသို့ ဆက်သွယ်ပေးပါသည်။ ယင်း switch သည် close လုပ်လိုက်သော အချိန်တွင် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ရရှိစေသော power supply အား ဆက်သွယ်ပေးနိုင်ပြီး၊ break မလုပ်မီတွင် field discharge resistor နှင့် ဆက်သွယ်ပေးနိုင်စေရန်အတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားပါသည်။ switch သည် open ဖြစ်သွားချိန်တွင် ယင်းသည် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး power supply အား ဆက်သွယ်ထားမှုနှင့် မပြတ်တောက်မီတွင် field discharge resistor အား ဆက်သွယ်လိုက်ပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် field discharge resistor အား rotor သို့ DC excitation မပေးလျှင်သော်လည်း rotor နှင့် အမြဲလိုလို ဆက်သွယ်ထားရမည်ဖြစ်ပါသည်။

The Brushless Exciter

Rotor သို့ excitation current ကို ပေးပို့သည့် ဒုတိယနည်းမှာ brushless exciter အား အသုံးပြုခြင်း ပင်ဖြစ်ပါသည်။ brushless exciter တို့၏ အားသာသော အချက်မှာ ယင်းတို့တွင် ပွန်းပဲ့ ပျက်စီးစေနိုင်သော brush များ သို့မဟုတ် slip ring များ မပါရှိပေ။ brushless exciter သည် အခြေခံအားဖြင့် တြီသွင် alternator winding အသေးစားတစ်ခုနှင့် တြီသွင် rectifier တို့အား rotor ဝင်ရိုးပေါ်တင် တင်ဆောင် တပ်ဆင်ထားပါသည် (ပုံ ၄၅.၁)။ rotor ၏ အနောက်ဖက်တွင် သေးငယ်သော winding အား မြင်နိုင်ပါသည်။ ယင်းသည် brushless exciter ၏ winding ဖြစ်ပါသည်။ winding ၏ တစ်ဖက်တစ်ချက်စီတွင် လျှပ်စစ်သံလိုက်များရှိပါသည် (ပုံ ၄၅.၃)။ တြီသွင် rectifier နှင့် ဖြုစ်များအား rotor ဝင်ရိုးပေါ်တွင် နေရာချထားပါသည်။ rectifier များတို့သည် alternator အတွင်းဖြစ်ပေါ်လာသော တြီသွင် ပြန်လှန်လျှပ်စီးအား rotor winding သို့ မပေးပို့မီတွင် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးအဖြစ်ပြောင်းလဲ ပေးပါသည် (ပုံ ၄၅.၄)။ rotor winding သို့ပေးပို့သော excitation current ပမာဏ အား လျှပ်စစ်သံလိုက်များထံသို့ ပေးပို့သော တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးပမာဏအားဖြင့် control လုပ်ပါသည်။ alternator winding ၏ အထွက်ဗို့အားကို pole piece များမှ flux density အားဖြင့် control လုပ်ပါသည်။



ပုံ ၄၅.၃ ပုံသေတပ်ဆင်ထားသော လျှပ်စစ်သံလိုက်များပါရှိသော brushless exciter



ပုံ ၄၅.၄ အခြေခံ brushless exciter လျှပ်စီးပတ်လမ်း

တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ဂျင်နရေတာ (DC Current Generator)

Excitation current ပေးပို့သော နောက်ထပ်နည်းလမ်းတစ်ခုမှာ rotor ဝင်ရိုးပေါ်တွင် တင်ဆောင်ထားသော ကိုယ်တိုင် excite လုပ်သော တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးဂျင်နရေတာကို အသုံးပြုခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ excitation current ပမာဏကို ဂျင်နရေတာ၏ field current အားဖြင့် control လုပ်ယူပါသည်။ armature ၏ output သည် rotor အတွက် excitation current ကိုပေးပါသည်။ ဂျင်နရေတာသည် ကိုယ်တိုင် excite လုပ်သည်ဖြစ်ရာ ယင်းအတွက် ပြင်ပမှ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးပေးရန်မလိုအပ်ပေ။ ယင်းအချက်သည် excitation current အား slip ring များ သို့မဟုတ် brushless exciter များတို့မှ ပေးပို့သည်ထက် ပိုမိုကောင်းမွန်သော အချက်ဖြစ်သော်လည်း ဂျင်နရေတာ ကိုယ်၌ပင်လျှင် commutator တစ်ခုနှင့် brush များတို့

ပါရှိကြပါသည်။ ဂျင်နရေတာသည် ယေဘုယျအားဖြင့် အခြားသော နည်းလမ်းများနှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက ပိုမို ပြုပြင်ထိမ်းသိမ်းမှုပြုပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။

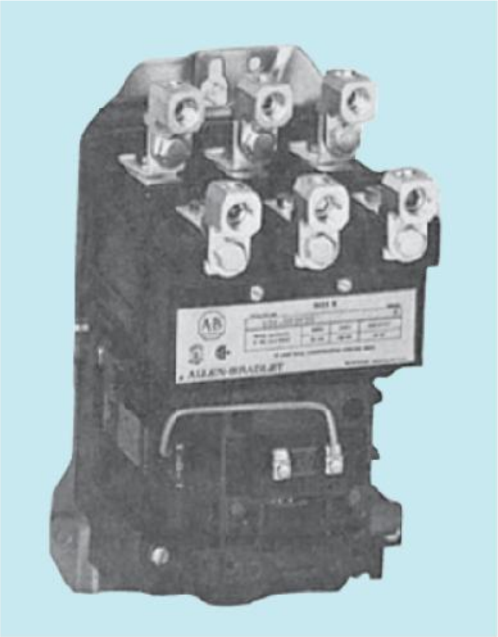
Synchronous Motor များအား အလိုအလျောက် စတင်မောင်းနှင်ခြင်း

Synchronous motor များအား အလိုအလျောက်ဖြစ်စေ၊ လူအားဖြင့် ဖြစ်စေ စတင်မောင်းနှင်နိုင်ပါသည်။ synchronous motor များ၏ ကောင်းသောအချက်မှာ အတော်အတန်နည်းပါးသော စတင်မောင်းနှင်သည့် လျှပ်စီးကို အသုံးပြုကာ စတင်မောင်းနှင်သော်လည်း ကောင်းမွန်သော starting torque ကို ရရှိခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် မော်တာကြီးများအား across-the-line နည်းအားဖြင့် စတင်မောင်းနှင်မှု ပြုနိုင်ကြပေသည်။ အကယ်၍ လျှပ်စစ်ဓါတ်အားပေးသော ကုမ္ပဏီမှ across-the-line နည်းဖြင့် မော်တာများအား စတင်မောင်းနှင်ခြင်းကို ခွင့်မပြုခဲ့ပါက synchronous motor အတွက် Autotransformer အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ဖြစ်စေ၊ Reactor အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ဖြစ်စေ၊ Wye-Delta နည်းအားဖြင့် ဖြစ်စေ စတင်မောင်းနှင်မှုပြုနိုင်မည်ဖြစ်ပါသည်။ မည်သည့်နည်းလမ်းကို အသုံးပြုသည်ဖြစ်ပါစေ stator winding အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်အသုံးပြုရမည်ဖြစ်ပြီး synchronous motor အား အလိုအလျောက် ထိန်းချုပ်မောင်းနှင်ရာတွင် အဓိကကျသော အစိတ်အပိုင်းမှာ rotor အတွက် excitation current အား သင့်လျော်သောအချိန်တွင် ဆက်သွယ်ပေးပို့နိုင်ရန်ဖြစ်ပါသည်။ excitation အား rotor သို့ မည်သို့မည်ပုံ ပေးပို့သည်ဆိုသည့်အချက်အပေါ်တွင် မူတည်ကာ အသုံးပြုမည့် နည်းလမ်းအား အဆုံးအဖြတ်ပြုပါသည်။ လူအားဖြင့် excitation လုပ်ရာတွင် field discharge switch အား အသုံးပြုပါသည်။ brushless exciter လျှပ်စီးပတ်လမ်းတို့တွင် အီလက်ထရွန်နစ် ပစ္စည်းများအား အသုံးပြုကာ rotor လည်ပတ်နှုန်းအား အာရုံခံခြင်းအားဖြင့် သင့်လျော်သောအချိန်တွင် rotor ထံသို့ ဒီစီ excitation အား ပေးပို့စေပါသည်။ excitation current အတွက် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ဂျင်နရေတာအား အသုံးပြုမည်ဆိုပါက special field contactor တစ်ခု၊ out-of-step relay နှင့် polarize field frequency relay တို့အား ယေဘုယျအားဖြင့် အသုံးပြုရပေမည်။

The Field Contactor

Field contactor တစ်လုံးသည် ပုံမှန်အသုံးပြုနေကျဖြစ်သော pole သုံးခုပါ contactor တစ်လုံးနှင့် အလွန်အလားသဏ္ဍာန်တူပါသည် (ပုံ ၄၅.၅)။ သို့သော် ယင်းသည် စံပြုထားသော contactor တစ်ခုတော့

မဟုတ်ပေ။ ယင်းအတွင်းတွင် ဒီစီကွိုင်တစ်ခုပါရှိကာ ယင်းဒီစီကွိုင်အား rotor မှ excitation current အားဖြင့် energize ဖြစ်စေပါသည်။ field contactor တစ်လုံးသည် ရှင်းပြဆွေးနွေးပြီးခဲ့သည့် field discharge switch တစ်လုံးနှင့် လုပ်ဆောင်မှုအတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ အပြင်ဖက်ခြမ်းရှိ contact နှစ်ခုအားဖြင့် rotor သို့ပေးပို့သော excitation current အား ဆက်သွယ်ခြင်းနှင့် ဖြတ်တောက်ခြင်းတို့အား လုပ်ဆောင်ပေးပါသည်။ အလယ်ဖက်ရှိ contact မှာမူ သင့်လျော်သောအချိန်တွင် field discharge resistor အား ဆက်သွယ်ခြင်းနှင့် ဖြတ်တောက်ခြင်းတို့ကို လုပ်ဆောင်ပေးပါသည်။

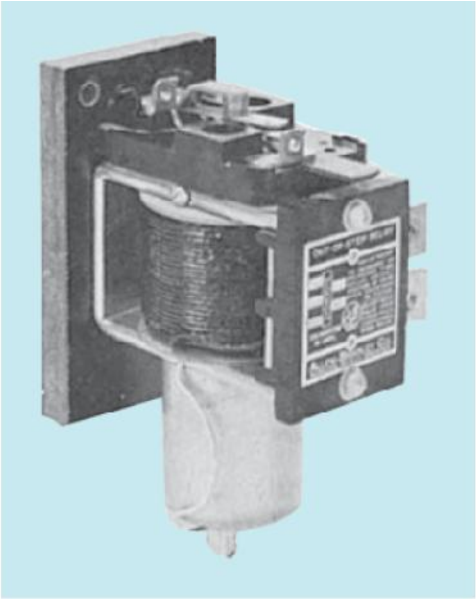


ပုံ ၄၅.၅ synchronous motor တစ်လုံးအား စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် အသုံးပြုသော Field contactor

Out-of-Step Relay

အမှန်တစ်ကယ်အားဖြင့် out-of-step relay သည် timer တစ်ခုဖြစ်ကာ ယင်းတွင် ဗို့အားဖြင့်လုပ်ဆောင်သော ကွိုင်တစ်ခုအစား လျှပ်စီးဖြင့်လုပ်ဆောင်သော ကွိုင်တစ်ခုပါရှိပါသည်။ ယင်းကွိုင်သည် field discharge resistor နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားပါသည်။ timer သည် လေအားဖြင့်အလုပ်လုပ်သော pneumatic timer ဖြစ်စေ၊ dashpot timer ဖြစ်စေ သို့မဟုတ် အီလက်ထရွန်နစ် timer အစရှိသည်ဖြင့် ဖြစ်နိုင်ပါသည်။ ပုံ ၄၅.၆ တွင် dashpot အမျိုးအစား out-of-step relay တစ်လုံးအား ပြသထားပါသည်။ out-of-step relay တစ်လုံး၏ လုပ်ဆောင်ပုံမှာ rotor သည် တစ်စုံတစ်ရာသော အချိန်အတိုင်းအတာ အတွင်း excited မဖြစ်ခဲ့ပါက မော်တာအား ပါဝါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်ပြစ်နိုင်စေရန်ဖြစ်ပါသည်။ rotor သည်

အချိန်တိုအတွင်း excited မဖြစ်ခဲ့ပါက ဖြစ်ပေါ်လာမည့် မြင့်မားသော starting current တို့သည် ကြီးမားသော synchronous motor များကိုပင် ပျက်စီးစေနိုင်ပါသည်။

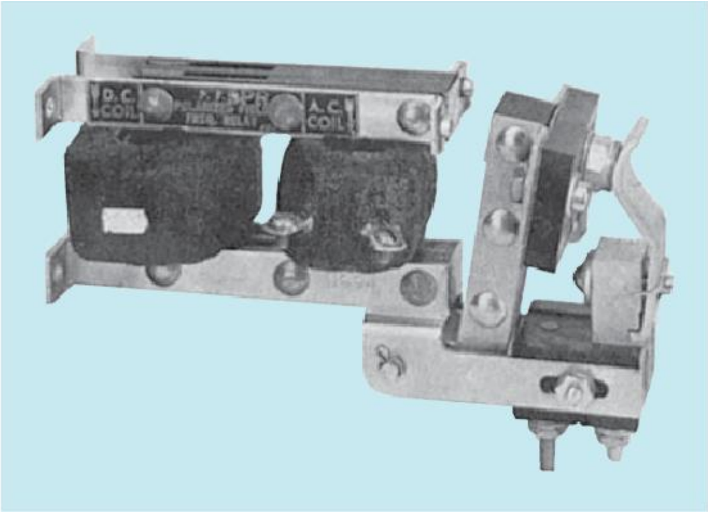


ပုံ ၄၅.၆ Out-of-step relay

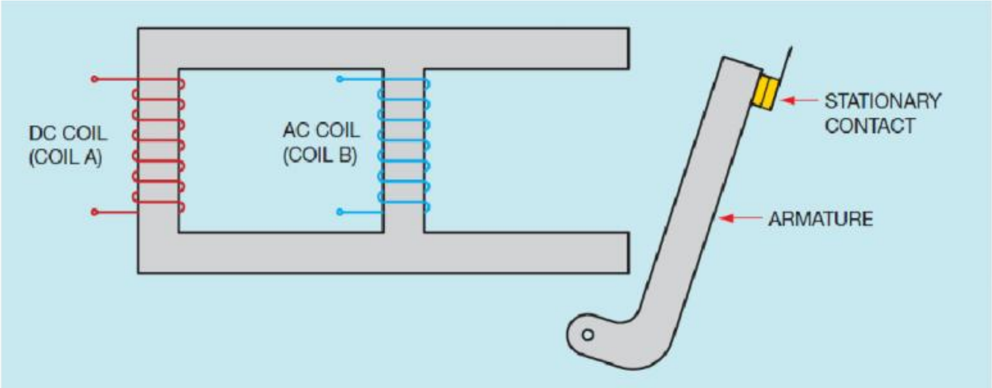
The Polarized Field Frequency Relay

ပုံ ၄၅.၇ တွင်ဖော်ပြထားသော polarized field frequency relay သည် rotor ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား အာရုံခံနိုင်စေရန်နှင့် field contactor ၏ လုပ်ဆောင်မှုအား control လုပ်နိုင်ရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ polarized field frequency relay (PFR) အား reactor နှင့်လည်း တွဲဖက်ကာ အသုံးပြုကြပါသည်။ reactor အား synchronous motor ၏ rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း တပ်ဆင်ထားပါသည်။ polarized field frequency relay တွင် သီးခြားကွိုင်နှစ်ခုပါရှိကာ တစ်ခုမှာ ဒီစီဖြစ်ပြီး ကျန်တစ်ခုမှာမူ အေစီဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၅.၈)။ coil A သည် ဒီစီကွိုင်ဖြစ်ကာ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး excitation ပေးနိုင်သည့် source နှင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ ယင်း၏ လုပ်ဆောင်မှုမှာ relay ၏ magnetic core material တို့အား polarize ဖြစ်စေရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ coil B သည် အေစီကွိုင်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းကွိုင်အား reactor နှင့် အပြိုင်ချိတ်ဆက်ထားပါသည် (ပုံ ၄၅.၉)။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းလုပ်ဆောင်ပုံအား နားလည်စေရန် ပထမဦးစွာ PFR ၏ ဒီစီကွိုင်တစ်ခုတည်း energize ဖြစ်သွားစဉ်တွင် သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများ (magnetic flux) များ မည်သည့်လမ်းကြောင်းဖြင့် သွားသည်ကို မှတ်ယူရမည်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၅.၁၀)။ flux တို့၏ လမ်းကြောင်းသည် relay ၏ အဆုံးနေရာမှ မဟုတ်ပဲ cross bar မှသာ ဖြတ်သန်းသွားကြပေသည်။ ထိုသို့

flux တို့သည် pole piece ၏ အဆုံးသတ်နေရာသို့ မရောက်သည့်အတွက် armature သည် ဆွဲငင်ခြင်းကို မလုပ်နိုင်သည်ဖြစ်ရာ contact သည် close ဖြစ်လျက်ရှိပေသည်။



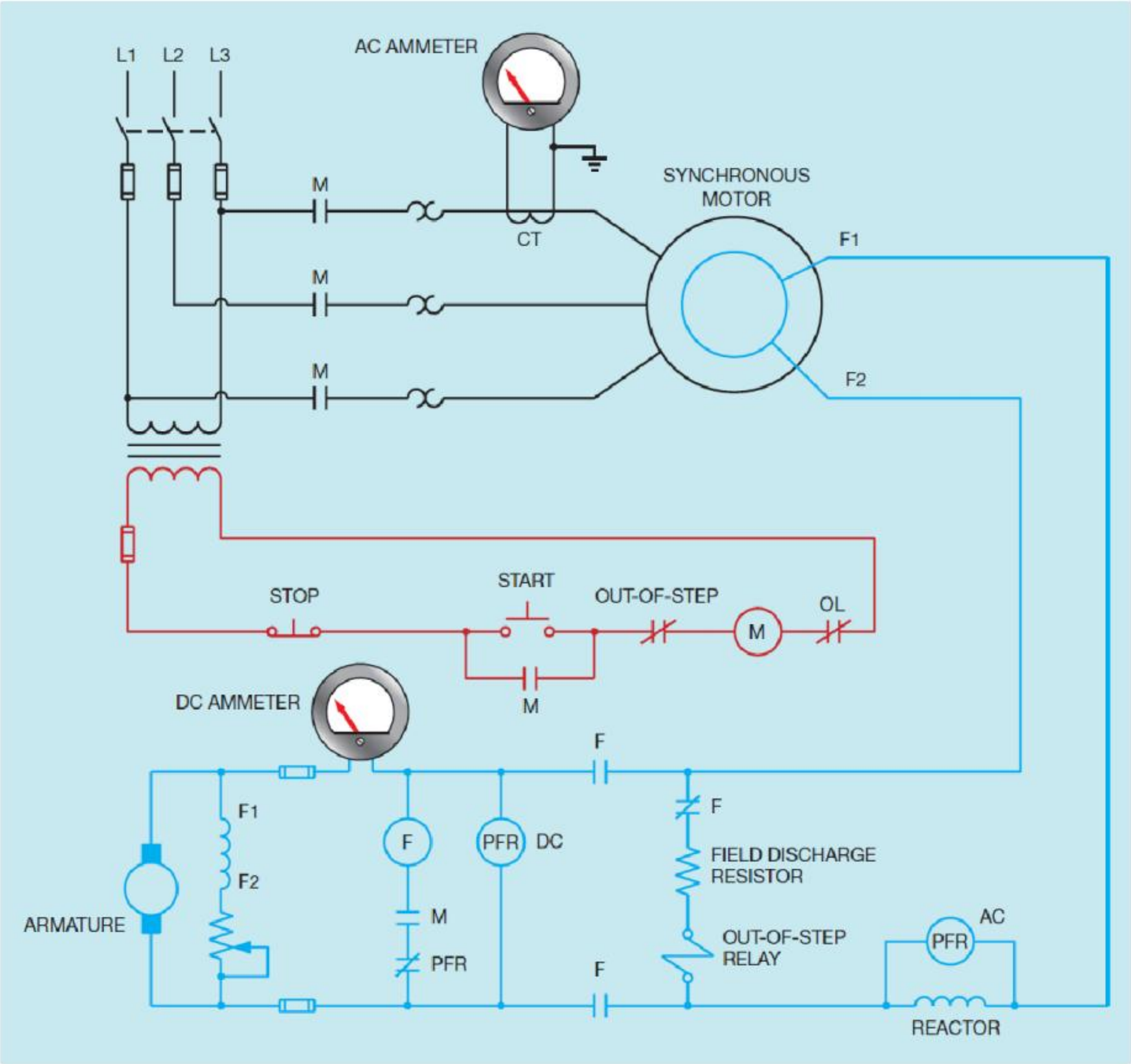
ပုံ ၄၅.၇ Polarized field frequency relay



ပုံ ၄၅.၈ ဒီစီနှင့် အေစီ ကွိုင် နှစ်မျိုးစလုံးပါရှိသော polarized field frequency relay

Synchronous motor စတင်မောင်းနှင်သောအခါတွင် stator မှ လည်ပတ် သံလိုက်စက်ကွင်းသည် rotor winding တွင် အေစီဗို့အား ကို induced လုပ်ပါသည်။ reactor၊ field discharge resistor နှင့် out-of-step relay တို့၏ ကွိုင်တစ်လျောက်တွင် လျှပ်စီးလမ်းကြောင်း တစ်ခု ရှိနေပါသည်။ induced ဗို့အားသည် မော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ဖြဟာ့ဇ် ဖြစ်ကာ reactor ၏ inductive reactance သည် polarize field frequency relay ၏ အေစီကွိုင်အတွင်းသို့ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော rotor လျှပ်စီးအတွက် အဓိက အစိတ်အပိုင်းဖြစ်ပါသည်။ ပြန်လှန်လျှပ်စီးသည် PFR ၏ အေစီကွိုင်အတွင်းသို့ ဖြတ်သန်းစီးဆင်းခြင်း ကြောင့် အေစီကွိုင်အတွင်းမှ half cycle စီအတွက် ဖြစ်ပေါ်လာသော flux တို့သည် ဒီစီကွိုင်မှ

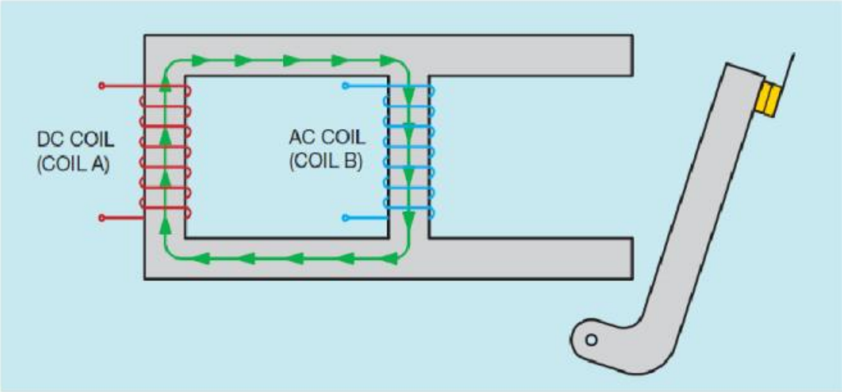
ဖြစ်ပေါ်လာသော flux တို့နှင့် ဆန့်ကျင်တွန်းကန်ကြပါတော့သည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် ဒီစီ flux တို့သည် pole piece တို့၏ အဆုံးသတ်ဖက်သို့ ယိုင်ခွဲထွက်ကုန်ကြကာ ယင်းနေရာတွင် အေစီ flux တို့နှင့် ပေါင်းစည်းသွားကြခြင်းအားဖြင့် armature ကို ဆွဲငင်နိုင်သော လုံလောက်သော အင်အားရှိသည့် flux ကို ရရှိကာ normally closed ဖြစ်နေသော contact အား open ဖြစ်စေပါတော့သည် (ပုံ ၄၅.၁၁)။



ပုံ ၄၅.၉ synchronous motor တစ်လုံးအတွက် control လျှပ်စီးပတ်လမ်း

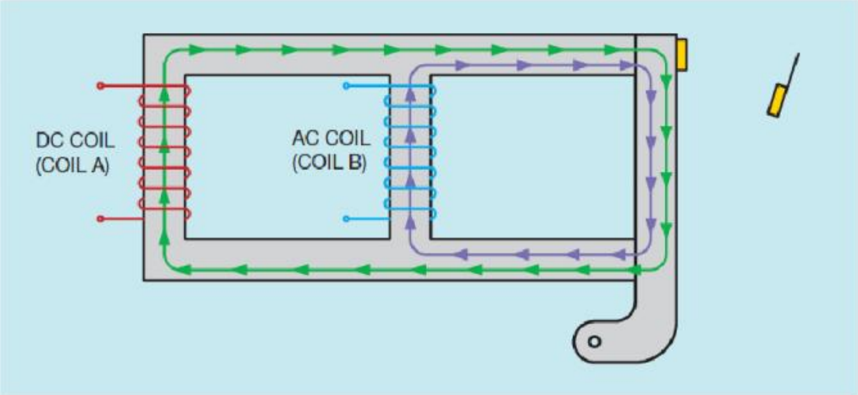
ထိုကဲ့သို့သော control အမျိုးအစားတွင် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး ဂျင်နရေတာအား အသုံးပြုကာ rotor သို့ excitation current အား ပေးပို့ပါသည်။ stator winding သို့ ပါဂါကို ဦးစွာပေးပို့စဉ်တွင် rotor သည် မလည်ပတ်သေးပဲရှိနေပြီး ဒီစီဂျင်နရေတာမှလည်း output ကို ထုတ်ပေးခြင်းမရှိပေ။ လည်ပတ်

သံလိုက်စက်ကွင်းသည် rotor winding အတွင်း မြင့်မားသော ဗို့အားကို ဖြစ်ပေါ်စေကာ polarizing field frequency relay ၏ အေစီကွိုင်အတွင်း မြင့်မားသော လျှပ်စီးပမာဏ ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ rotor စတင်လည်ပတ်သောအခါတွင် ဒီစီဂျင်နရေတာမှ ဗို့အား ကို စတင်ထုတ်လုပ်လာပြီး PFR ၏ ဒီစီကွိုင်အား ပါဝါ စတင်ပေးပါတော့သည်။ ယင်းကွိုင်နှစ်ခုမှ flux များ ပေါင်းစည်းမှုကြောင့် field relay သည် energize မဖြစ်မီတွင် normally closed ဖြစ်နေသော PFR ၏ contact အား open ဖြစ်စေပါသည်။ rotor လည်ပတ်နှုန်းတိုးလာသည်နှင့်အမျှ rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် အေစီဗို့အားလည်း နိမ့်ပါးလာကာ rotor လည်ပတ်နှုန်းနှင့် လိုက်လျောညီစွာ ဖရီကွင်စီသည်လည်း ကျဆင်းလာပါသည်။



ပုံ ၄၅.၁၀ ဒီစီကွိုင်တစ်ခုတည်းမှ ထုတ်လုပ်သော သံလိုက်အားလမ်းများ၏ သွားရာလမ်း

ဖရီကွင်စီလျော့ကျလာမှုသည် reactor ၏ inductive reactance အား လျော့ကျနည်းပါးစေခြင်းကြောင့် reactor အတွင်း လျှပ်စီးဆင်းလာစေကာ အေစီကွိုင်အတွင်း သို့စီးသော လျှပ်စီးမှာမူ လျော့နည်းသွားပေသည်။ PFR ၏ အေစီကွိုင်သည် rotor လည်ပတ်နှုန်း တိုးတက်လာသည်နှင့် flux များအား နည်းသည်ထက် နည်းစွာထုတ်လုပ်ပါသည်။ rotor လည်ပတ်မှုသည် synchronous speed ၏ ၉၀% မျှ ရောက်ရှိသည်နှင့် အေစီ flux တို့သည် PFR armature ရှိ လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းအား ထိန်းမထားနိုင်တော့ပဲ ဒီစီ flux တို့သည်သာလျှင် ပုံ ၄၅.၁၀ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း လမ်းကြောင်းအတွင်းသို့ ပြန်လည် ရောက်ရှိလာပါတော့သည်။ armature ကွာသွားချိန်တွင် PFR contact သည် re-close ဖြစ်သွားကာ field relay ၏ ကွိုင်အား လိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ field relay သည် energize ဖြစ်သွားသောအခါတွင် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးသည် rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပြီး နောက် field discharge resistor နှင့် out-of-step relay တို့အား line မှ ဖြတ်တောက်လိုက်ပါတော့သည်။



ပုံ ၄၅.၁၁ အေစီနှင့် ဒီစီ ကွိုင်တို့မှ သံလိုက်အားလမ်းများ စုစည်းမှုကြောင့် armature ကိုဆွဲငင်ပုံ

ပါဝါဖက်တာ မြှင့်တင်ခြင်း

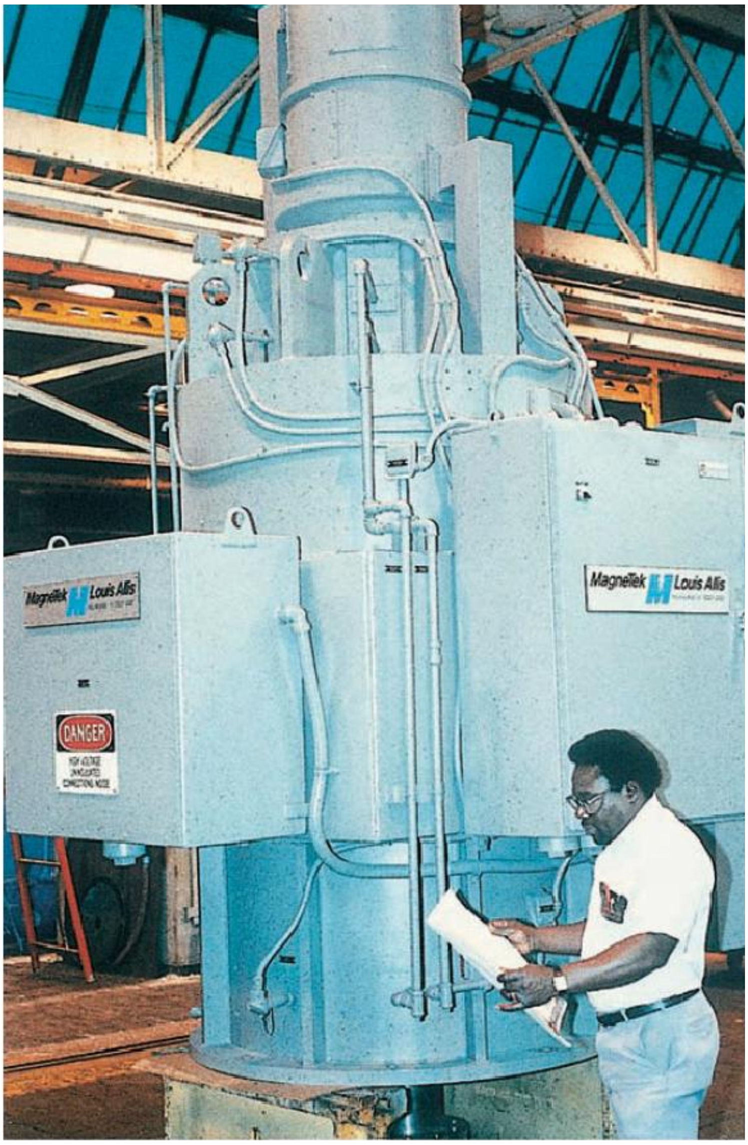
Synchronous motor များသည် ပါဝါဖက်တာအား စော (lead) စေရန်ပြုလုပ်နိုင်သည်ကို တင်ပြပြီးဖြစ်ပါသည်။ ထိုသို့ synchronous motor တစ်လုံးမှ ပါဝါဖက်တာ စောစေရန်အတွက် rotor အား excitation ပိုမိုပေးရပါသည်။ rotor သည် excitation နိမ့်နေပါက မော်တာသည် ပါဝါဖက်တာ နောက်ကျစေကာ ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor သို့မဟုတ် wound rotor induction motor တို့နှင့် အလားသဏ္ဍာန်တူသွားပေမည်။ ထိုသို့ဖြစ်ရခြင်းမှာ ဒီစီ excitation current သည် အလွန်နိမ့်ပါးစဉ်တွင် stator winding သို့ပေးပို့သော အေစီလျှပ်စီး၏ တစ်ချို့တစ်ဝက်အား မော်တာအတွင်းရှိ သံထည်အား သံလိုက်ဖြစ်စေရန် အတွက် အသုံးပြုလိုက်ရပါသည်။

မော်တာ၏ iron core အတွက် လုံလောက်သော excitation current ပမာဏ ရရှိသောအချိန်တွင် ပုံမှန် excitation အား ရရှိစေပါသည်။ ပုံမှန် excitation ကို ရရှိစေသော အခြေအနေ နှစ်မျိုး ရှိပါသည်။

၁။ မော်တာအား ပေးပို့သော လျှပ်စီးသည် ယင်း၏ အနိမ့်ဆုံး အဆင့်သို့ လျော့ကျသွားသောအခါ။

၂။ ပါဝါဖက်တာသည် ၁၀၀% သို့မဟုတ် ယူနစ်တန်ဖိုးဖြစ်သောအခါ။

ပုံမှန်ထက်ပိုသော excitation current အား ပေးလိုက်ပါလျှင် over-excitation ဖြစ်ပေါ်လာပေမည်။ ယင်းအခြေအနေတွင် ဒီစီ excitation current သည် မော်တာ၏ iron အား over-magnetize ဖြစ်စေကာ အေစီ လိုင်းလျှပ်စီး တစ်ချို့တစ်ဝက်အား အသုံးပြုခြင်းအားဖြင့် iron အား de-magnetize ဖြစ်စေပါသည်။ ထိုသို့ de-magnetizing လုပ်ငန်းစဉ်ကြောင့် အေစီလိုင်းလျှပ်စီးတို့သည် ဗို့အားထက်စောကာ capacitor ၏ သဘာဝကဲ့သို့ ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။



ပုံ ၄၅.၁၂ မြင်းကောင်ရေ ၂၅၀၀ ရှိ synchronous motor တစ်လုံးဖြင့် ရေလည်ပတ်သောပန့်အား မောင်းနှင်ပုံ

Synchronous Motor တို့အား အသုံးပြုပုံ

မော်တာမောင်းနှင်မှုသဘာဝ တို့နှင့် ပါဝါဖက်တာ မြှင့်တင်ပြင်ဆင်ပေးနိုင်သည့်အရည်အသွေးတို့ကြောင့် မြင်းကောင်ရေ မြင့်မားသော synchronous motor တို့အား အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းတို့အား pump များ၊ compressor များ၊ centrifuge များ၊ နှင့် grinder ကြီးများတွင် အမြဲလိုလို အသုံးပြုကြပါသည်။ ပုံ ၄၅.၁၂ တွင် ရေလည်ပတ်ရန်အသုံးပြုသော ပန့်တစ်ခုအတွက် မြင်းကောင်ရေ ၂၅၀၀ အားရှိသော synchronous motor တစ်လုံးအား အသုံးပြုထားသည်ကို ပြသထားပါသည်။

အခန်း ၄၆

ပြောင်းလဲ ဖရီကွင်စီ နည်းအားဖြင့် Control လုပ်ခြင်း

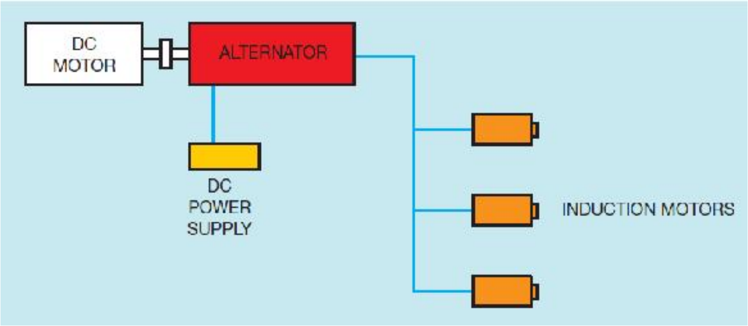
တြီသွင် induction motor တစ်လုံးအား consequent pole မော်တာဖြစ်ခဲ့ပါလျှင် phase တစ်ခုတွင်ရှိသော stator pole များအား ပြောင်းလဲလိုက်ခြင်းအားဖြင့် ဖြစ်စေ၊ အသုံးပြုမည့် ဗို့အား၏ ဖရီကွင်စီအား ပြောင်းလဲပေးခြင်းအားဖြင့် ဖြစ်စေ control လုပ်ယူနိုင်ပါသည်။ ယင်း နည်းလမ်းနှစ်ခုစလုံးတို့သည် လည်ပတ်သံလိုက်စက်ကွင်း၏ synchronous speed အား ပြောင်းလဲစေပါသည်။ ပုံ ၄၆.၁ တွင် ပြသထားသော ဇယားတွင် ဖရီကွင်စီပြောင်းလဲသောအခါတွင် ပြောင်းလဲသွားသည့် synchronous speed တို့အား ပြသထားပါသည်။

POLES PER PHASE	SYNCHRONOUS SPEED IN RPM					
	60 HZ	50 HZ	40 HZ	30 HZ	20 HZ	10 HZ
2	3,600	3,000	2,400	1,800	1,200	600
4	1,800	1,500	1,200	900	600	300
6	1,200	1,000	800	600	400	200
8	900	750	600	450	300	150

ပုံ ၄၆.၁ synchronous speed ကို phase တစ်ခုတွင် ရှိသော stator pole အရေအတွက် နှင့် ဖရီကွင်စီတန်ဖိုးတို့ဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပုံ

ဖရီကွင်စီပြောင်းလဲသွားခြင်းအားဖြင့် ယင်းနှင့်သက်ဆိုင်သော winding များ၏ inductive reactance ကိုပါ ပြောင်းလဲစေပါသည် ($X_L = 2\pi fL$). ဖရီကွင်စီလျော့ကျမှုသည် inductive reactance ကိုပါ လျော့ကျမှုဖြစ်စေကော မော်တာသို့ပေးပို့သော ဗို့အား ပမာဏကိုလည်း လျော့ပေးရမည်ဖြစ်ပြီး ထိုသို့ ဖရီကွင်စီလျော့ကျသည့်အတွက် လျှပ်စီးပိုမိုစီးဆင်းစေသဖြင့် winding များ အပူလွန်ကဲခြင်းမှ တားဆီးပေးရပါမည်။ မည်သည့် ဖရီကွင်စီ control အမျိုးအစားပင်ဖြစ်စေ၊ ဖရီကွင်စီပြောင်းလဲမှုနှင့်အတူ

ရရှိလာမည့် output ဗို့အားကိုလည်း ညှိပေးရပါမည်။ ပြောင်းလဲဖရီကွင်စီ control အားဖြင့် လုပ်ဆောင်ရန် အခြေခံအားဖြင့် နည်းလမ်း နှစ်ခုရှိရာ ယင်းတို့မှာ alternator နှင့် solid state တို့ဖြစ်ပါသည်။



ပုံ ၄၆.၂ induction motor များစွာအား alternator တစ်လုံးဖြင့် control လုပ်ပုံ

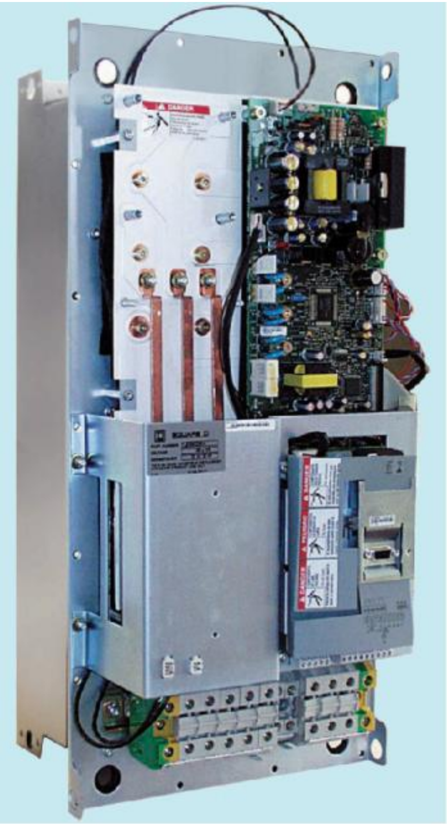
Alternator ဖြင့် Control လုပ်ခြင်း

Alternator များအား induction motor များစွာတို့အား speed control လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုကာ ဥပမာအားဖြင့် conveyer line ရှိ မော်တာများတို့ကဲ့သို့ တူညီသော ပြောင်းလဲလည်ပတ်မှုမျိုး လိုအပ်သည့်အခါများတွင် အသုံးပြုပါသည် (ပုံ ၄၆.၂)။ alternator အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး မော်တာအားဖြင့်ဖြစ်စေ၊ eddy current clutch နှင့် တွဲထားသော အေစီ မော်တာအားဖြင့် ဖြစ်စေ လှည့်ပေးနိုင်ပါသည်။ alternator မှ ရရှိလာမည့် ဖရီကွင်စီအား rotor လည်ပတ်နှုန်းအားဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ alternator ၏ output ဗို့အားကို rotor သို့ ပေးပို့သော ဒီစီ excitation current ပမာဏဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ output ဗို့အားသည် ဖရီကွင်စီပြောင်းလဲသည်နှင့် ပြောင်းလဲသည်ဖြစ်ရာ ဗို့အားပြောင်းလဲပေးနိုင်သော ဒီစီ supply တစ်ခုအား အသုံးပြုကာ excitation current အား ရရှိစေပါသည်။ ထိုသို့သော control အမျိုးအစားတို့တွင် alternator လည်ပတ်နှုန်းအား အာရုံခံနိုင်ရန် နည်းလမ်းအချို့ကို အသုံးပြုပြီး excitation current အား အလိုအလျောက် ထိန်းညှိယူပါသည်။

Solid-State Control

များသောအားဖြင့် variable frequency drive များတို့လုပ်ဆောင်ရာတွင် ပထမဦးစွာ အေစီဗို့အားကို ဒီစီဗို့အားအဖြစ် ပြောင်းလဲပြီးနောက် အေစီအနေဖြင့် လိုအပ်သော ဖရီကွင်စီ ရရှိစေရန် ပြန်လည်ပြောင်းလဲ ယူပါသည်။ ပုံ ၄၆.၃ (က) နှင့် ၄၆.၃ (ခ) တို့တွင် variable frequency drive တစ်စုံအား ပြသထားပါသည်။ ဒီစီဗို့အားမှ အေစီဗို့အားသို့ ပြောင်းလဲပေးနိုင်မည့် နည်းလမ်းများစွာ ရှိပါသည်။

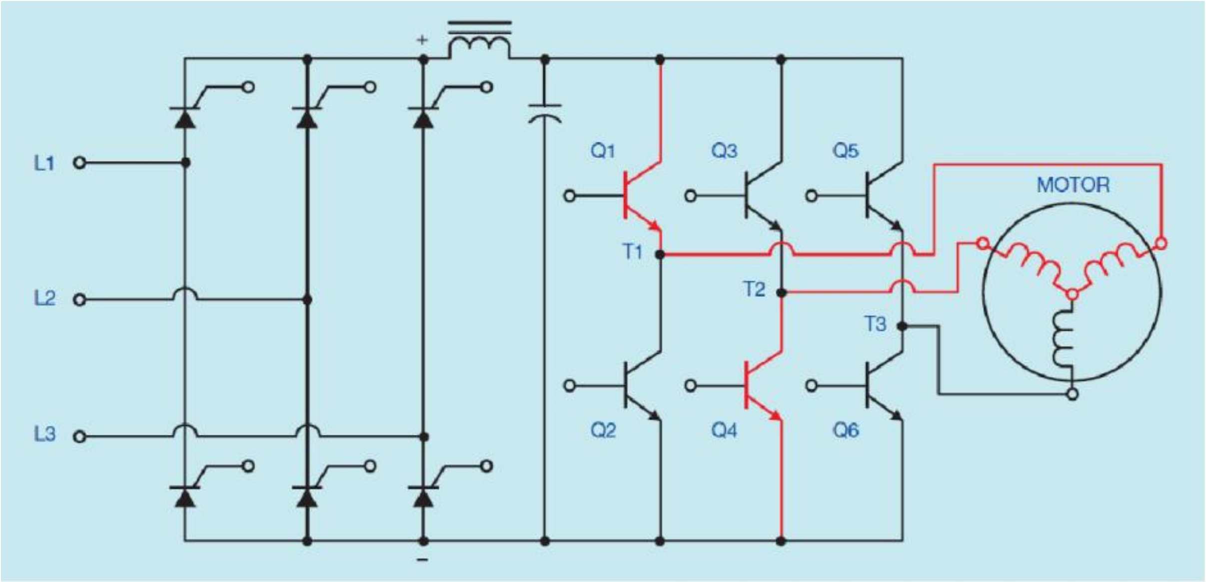
အသုံးပြုမည့် နည်းလမ်းစဉ်သည် မည်သူမှထုတ်လုပ်သည်၊ သုံးစွဲမည့် ပစ္စည်း၏ သက်တမ်း၊ drive ဖြင့်မောင်းနှင်မည့် မော်တာ၏ အရွယ်အစား အစရှိသည်တို့အပေါ်တွင် မှီတည်နေပါသည်။ variable frequency drive ကို အသုံးပြုကာ မော်တာများ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား control လုပ်ရာတွင် မြင်းကောင်ရေ ၅၀၀ ခန့်အထိ အရွယ်အစားအထိအား ယေဘုယျအားဖြင့် transistor များအား အသုံးပြုပါသည်။



ပုံ၄၆.၃ (က) ပြောင်းလဲ ဖရီကွင်စီ AC motor drive တစ်ခု၏ အတွင်းပိုင်း

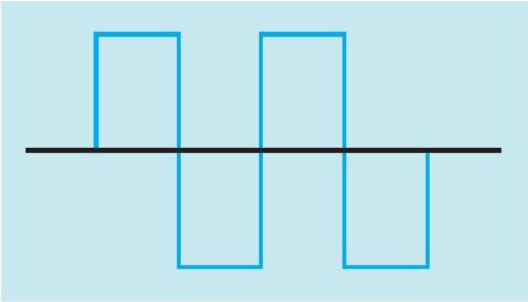
ပုံ ၄၆.၃ (ခ) မြင်းကောင်ရေ ၂ ကောင်အား၊ ပြောင်းလဲ ဖရီကွင်စီ drive

ပုံ ၄၆.၄ တွင်ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် တြီသွင် bridge rectifier သည် ပြန်လှန်လျှပ်စီးမှ တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးအဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲပေးပါသည်။ ယင်း bridge rectifier တွင် silicon controlled rectifier (SCR) ခြောက်လုံးအား အသုံးပြုပါသည်။ ယင်း SCR များသည် rectifier မှ ထွက်ရှိလာသော ဗို့အား ကို control လုပ်ပေးရန်ဖြစ်ပါသည်။ ဖရီကွင်စီလျော့ကျလာသည်နှင့် cycle အတွင်း SCR မှ fire လုပ်မှုသည်လည်း နောက်ကျလာကာ transistor များထံသို့ လျော့ကျသော ဗို့အားကို ပေးပါသည်။ transistor Q1 မှ Q6 ကိုအသုံးပြုကာ ဒီစီမှ အေစီ ဗို့အားသို့ မပြောင်းလဲမီတွင် choke coil နှင့် capacitor အတွဲတို့အား အသုံးပြုကာ အထွက်ဗို့အားကို သန့်စင်ပေးပါသည်။ transistor Q1 မှ Q6 တို့၏ base များအား အီလက်ထရွန်နစ် control ယူနစ်ဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ control ယူနစ်သည် ဒီစီဗို့အား အား transistor တို့ကို သင့်လျော်သောအချိန် နှင့် သင့်လျော်သော sequence တို့ဖြင့် on လုပ်ပေးခြင်း သို့မဟုတ် off လုပ်ပေးခြင်းအားဖြင့် တြီသွင် ပြန်လှန်လျှပ်စီးအား ပြန်လည်ရရှိစေပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် transistor Q1 မှ Q4 အား တစ်ချိန်တည်းတွင် switching လုပ်သည်ဟု ယူဆကြည့်ပါမည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် stator winding T1 အား အပေါင်းဗို့အားနှင့် ဆက်သွယ်လိုက်ကာ T2 မှာမူ အနုတ်ဗို့အားဖြင့် ဆက်သွယ်လိုက်သလိုဖြစ်ပါသည်။ လျှပ်စီးသည် Q4 မှ T2 သို့စီးဆင်းနိုင်ကာ မော်တာ stator winding ကိုဖြတ်လျှက် T1 မှ တစ်ဆင့် Q1 သို့ စီးဆင်းပါသည်။

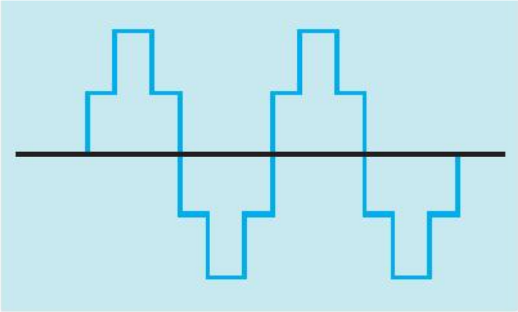


ပုံ ၄၆.၄ junction transistor များ အသုံးပြုထားသော solid-state variable frequency control

ယခုအခါတွင် transistor Q1 နှင့် Q4 တို့အား switched off လုပ်ကာ transistor Q3 နှင့် Q6 တို့အား switch on လုပ်လိုက် သည်ဟု ယူဆကြည့်ပါမည်။ လျှပ်စီးသည် Q6 မှ တစ်ဆင့် stator winding T3 မှ တစ်ဆင့် T2 ကို ဖြတ်သွားပြီးနောက် Q3 ကို ဖြတ်သန်းပြီးနောက်တွင် ပါဂါ supply ၏ အပေါင်းဘက်ခြမ်းသို့ စီးဆင်းပါတော့သည်။



ပုံ ၄၆.၅ square wave



ပုံ ၄၆.၆ Stepped wave

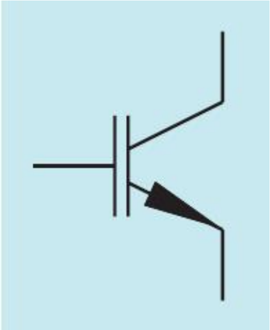
Transistor တို့သည် အပြည့်အဝ on ခြင်း သို့မဟုတ် အပြည့်အဝ off ခြင်း တို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော လှိုင်းသဘာဝ သည် ဆိုင်းလှိုင်းပုံစံ မဟုတ်ဘဲ စကွဲယားလှိုင်းပုံစံ (ပုံ ၄၆.၅) ဖြစ်နေပါသည်။ စကွဲယားလှိုင်းပုံစံဖြင့် induction motor များ မောင်းနှင်လည်ပတ်ခြင်းအားဖြင့် မည်သည့်ပြဿနာမဖြစ်ပေါ်ပါ။ အချို့သော ထုတ်လုပ်သူတို့သည် ပုံ ၄၆.၆ တွင် ဖော်ပြထားသည့် အဆင့် အဆင့် ပုံစံရှိသော stepped လှိုင်းပုံစံမျိုး ထုတ်လုပ်ပေးနိုင်သည့် ယူနစ်များအား ဒီဇိုင်းထုတ်ကြပါသည်။ stepped လှိုင်းပုံစံကို အသုံးပြုရခြင်းမှာ ဆိုင်းလှိုင်း ပုံစံနှင့် နီးစပ်သောကြောင့် ဖြစ်ပါသည်။

ဆက်နွယ်နေသော ပြဿနာများ

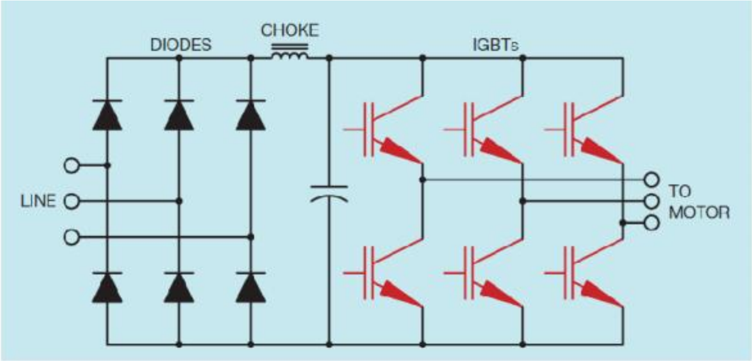
ပုံ ၄၆.၄ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် SCR များအား ပါဝါ supply တွင် အသုံးပြုထားကာ output အဆင့်တွင်မူ junction transistor တို့အား အသုံးပြုထားပါသည်။ SCR power supply တို့သည် output ဗို့အား ကို incoming waveform တို့အား chop လုပ်ခြင်းအားဖြင့် control လုပ်ယူပါသည်။ ယင်းကြောင့် လိုင်းအတွင်း ဟာမိုနင့်များအား ဖြစ်ပေါ်စေကာ ထရန်စဖော်မာများ နှင့် မော်တာ များတွင် အပူလွန်ကဲနိုင်ကာ ဖြူစ်များကို ပြတ်တောက်စေနိုင်သကဲ့သို့ breaker များအား လည်း trip ဖြစ်စေပါသည်။ Bipolar junction transistor များအား switch အဖြစ်အသုံးပြုရာတွင် ယင်းတို့သည် saturation အခြေအနေသို့ ရောက်ရှိစေရန် base-emitter လျှပ်စီးအား ပိုမိုပေးရပါသည်။ ထိုသို့ transistor အား satuate ဖြစ်စေခြင်းအားဖြင့် collector-emitter ဗို့အားကို ၀.၀၄ မှ ၀.၀၃ အတွင်း သို့ ကျရောက်စေပါသည်။ ယင်း သေးငယ်သော voltage drop သည် transistor အား မြင့်မားသော လျှပ်စီးများအား control လုပ်ရာတွင် မပျက်စီးစေရန် လုပ်ဆောင်ပေးပါသည်။ junction transistor သည် saturation အတွင်းသို့ ရောက်ရှိသောအခါတွင် ပုံမှန်အခြေအနေအတိုင်း လျှင်မြန်စွာ turn off မလုပ်ပေးနိုင်တော့ချေ။ ယင်းအချက်သည် transistor ၏ frequency response အား ကြီးမားစွာ အကန့်အသတ်ဖြစ်စေပါသည်။

IGBT များ

Transistor အသုံးပြုကာ control လုပ်သည့် variable frequency drive များစွာတို့သည် ယခုအခါတွင် အထူးပြုလုပ်ထားသော transistor အမျိုးအစားဖြစ်သည့် Insulator Gate Bipolar Transistor (IGBT) ကို သုံးစွဲလာကြပြီဖြစ်ပါသည်။ IGBT တို့တွင် အချို့သော Field Effect Transistors (FET) များနှင့် အလားသဏ္ဍာန်တူသော insulated gate တစ်ခုပါရှိပါသည်။ gate သည် insulated ဖြစ်နေသည့်အတွက် အင်ပီးဒန့် အလွန်မြင့်မားပါသည်။ IGBT သည် ဗို့အားဖြင့် control လုပ်သည့် ပစ္စည်းဖြစ်ပြီး လျှပ်စီးဖြင့် control လုပ်သော ပစ္စည်း မဟုတ်ပေ။ ယင်းသည် အလျှင်အမြန် turn off လုပ်နိုင်သည့် စွမ်းဆောင်နိုင်ရည်ရှိပါသည်။ IGBT တို့အား emitter နှင့် collector တို့အကြားတွင် အလွန်နည်းသော voltage drop ရရှိစေရန်အတွက် satuation အခြေအနေသို့ရောက်အောင် လုပ်ဆောင်နိုင်သော်လည်း ပုံမှန်မြင်တွေ့နေကျ transistor တို့တွင် ဖြစ်လေ့ရှိသော recovery time နှေးခြင်းအပေါ် သက်ရောက်မှုမရှိပေ။ ပုံ ၄၆.၇ တွင် IGBT တစ်လုံး၏ သင်္ကေတ ပုံကို ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၄၆.၇ Insulated Gate Bipolar Transistor ၏ သင်္ကေတပုံ

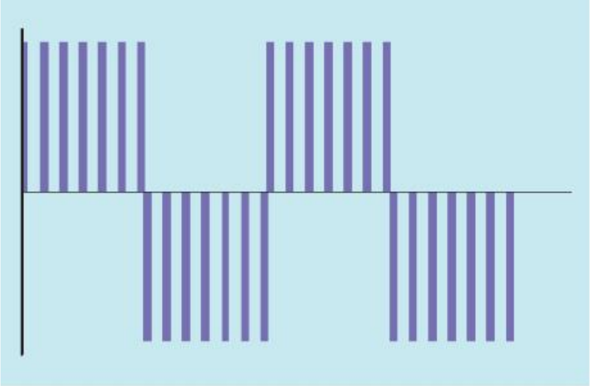


ပုံ ၄၆.၈ Diode များအစား SCR များကို အသုံးပြုထားကာ IGBT ကိုလည်းအသုံးပြုထားသော variable frequency drive

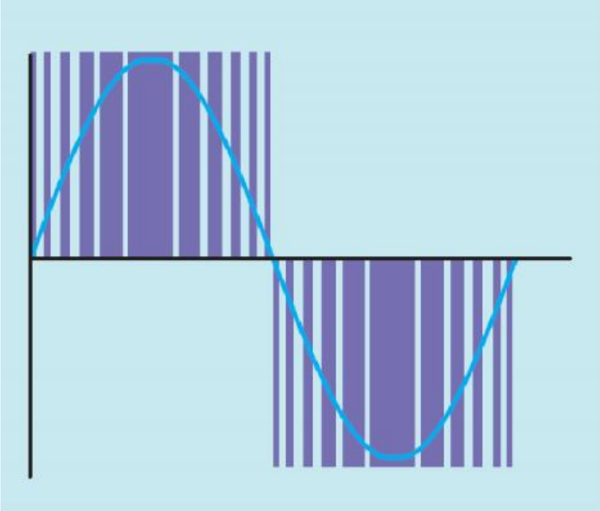
IGBT အသုံးပြုသော drive များသည် ယေဘုယျအားဖြင့် အေစီ ဗို့အားမှ ဒီစီ သို့ ပြောင်းလဲရာတွင် SCR များကို မသုံးစွဲပဲ diode များကိုသာ အသုံးပြုကြပါသည် (ပုံ ၄၆.၈)။

ထို့သို့ rectifier တို့သည် တသမတ် ဒီစီဗို့အားကို transistor တို့အား ပေးပို့ပါသည်။ မော်တာထံသို့ပေးပို့မည့် output ဗို့အားကို Pulse Width Modulation (PWM) အားဖြင့် control လုပ်ပါသည်။ PWM ကို ရရှိစေရန် transistor အား half cycle အတွင်း on ခြင်းနှင့် off ခြင်း အကြိမ်ပေါင်းများစွာပြုလုပ်ပေးခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည် (ပုံ ၄၆.၉)။ output ဗို့အားသည် အမြင့်ဆုံး ဗို့အားအဖြစ်နှင့် transistor မှ on သို့မဟုတ် off လုပ်ခြင်းတို့အတွက် ကြာမြင့်ချိန်တို့၏ ပျှမ်းမျှ တန်ဘိုးတစ်ခုဖြစ်ပါသည်။ ထို့သို့ အေစီ ၄၈၀ ဗို့ကို rectify လုပ်ကာ ဒီစီတန်ဘိုး ရရှိစေပြီး ယင်းအား သန့်စင်စေရန် filter အသုံးပြုထားသည်ဟု ယူဆကြပါမည်။ IGBT သို့ပေးပို့သော ဒီစီဗို့အားသည် အနီးစပ်ဆုံးအားဖြင့် ၆၃၀ ဗို့ခန့်မျှ ရှိပါသည်။ မော်တာသို့ပေးပို့မည့် output ဗို့အားကို transistor များမှ

switching လုပ်သော နှုန်းဖြင့် control လုပ်ပါမည်။ transistor သည် ၁၀ မိုက်ခရိုစက္ကန့်မျှ on သွားကာ ၂၀ မိုက်ခရိုစက္ကန့်မျှ off လုပ်ပါမည်ဟု ယူဆကြည့်ပါမည်။ ယင်းဥပမာတွင် transistor သည် အချိန်၏ သုံးပုံတစ်ပုံမျှ on သွားကာ အချိန်၏ သုံးပုံ ပုံလျှင် နှစ်ပုံမျှ off လုပ်ပါသည်။ မော်တာသို့ပေးပို့သော ဗို့အားသည် ၂၁၀ ဗို့ (၆၃၀/၃) ဖြစ်ပါသည်။ IGBT ၏ လုပ်ဆောင်နှုန်းသည် စံပြုထားသော sine wave တစ်ခုနှင့် အလွန်သဏ္ဍာန်တူသော step wave တစ်ခုဖြစ်ပေါ်လာစေရန်အတွက် Pulse Width Modulation ကို ရရှိစေပါသည် (ပုံ ၄၆.၁၀)။



ပုံ ၄၆.၉ voltage ကို half cycle တစ်ခုစီအတွင်း on ခြင်းနှင့် off ခြင်းအားဖြင့် pulse width modulation ကို ရရှိစေပုံ



ပုံ ၄၆.၁၀ IGBT ၏ speed မှ sine wave နှင့် သဏ္ဍာန်တူသော stepped wave ကို ရရှိစေပုံ

IGBT အသုံးပြုသော Drive များ၏ ကောင်းကျိုးနှင့် ဆိုးကျိုးများ

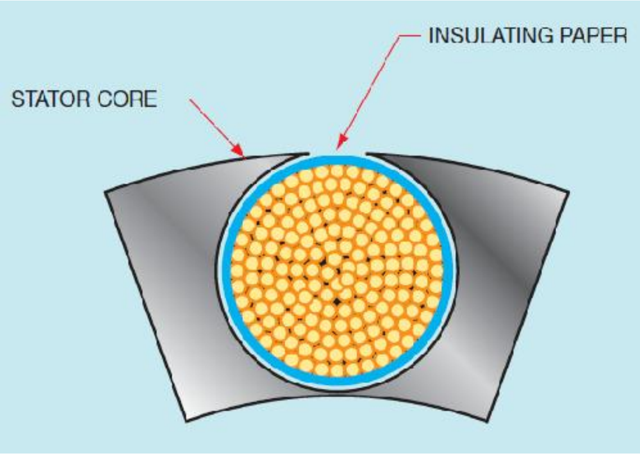
IGBT အသုံးပြုသော drive များ၏ အကောင်းဆုံးသော အကျိုးပြုမှုမှာ ယေဘုယျအားဖြင့် power supply တို့တွင် SCR များအား အသုံးပြုခြင်းဖြစ်ပြီး၊ ထိုသို့ အသုံးမပြုသည့်အတွက် လိုင်း ဟာမိုးနှင့် များအား အလွန်အမင်း လျော့ချနိုင်ပါသည်။ အလွန်ဆိုးသော အချက်မှာမူ ယင်း transistor တို့မှ အမြန် switching လုပ်သည့်အတွက် ဗို့အား ၁၆၀၀ မျှ ပမာဏရှိသော voltage spike များဖြစ်ပေါ်ကာ မော်တာသို့ ပေးပို့ပါသည်။ ယင်း voltage spike တို့သည် အချို့သော မော်တာတို့အား ပျက်စီးစေပါသည်။ IGBT အသုံးပြုသော drive များတွင် drive မှ မော်တာအကြား ဆက်သွယ်ထားသော လိုင်းအလျားသည် အရေးကြီးပါသည်။ လိုင်း အလျား အတိုကိုသာ အသုံးပြုစေလိုပါသည်။

Inverter အသုံးပြုသော Motor များ

IGBT အသုံးပြုသော drive တို့တွင် မြင့်မားသော voltage spike များ ဖြစ်ပေါ်တတ်သော သဘောကြောင့် အချို့သော ထုတ်လုပ်သူတို့သည် အင်ဗာတာ အသုံးပြုနိုင်သော မော်တာများအား ထုတ်လုပ်လာကြပါသည်။ ယင်းမော်တာများအား variable frequency drive များနှင့် မောင်းနှင် သုံးစွဲနိုင်စေရန် တိတိကျကျ ဒီဇိုင်းထုတ်ထားကြပါသည်။ ပုံမှန်အသုံးပြုနေကျ မော်တာများနှင့် မတူညီသော အချက်များစွာရှိရာ

၁။ အင်ဗာတာနှင့် တွဲဖက်အသုံးပြုမည့် မော်တာများတွင် သီးခြား blower ပါရှိကာ မော်တာ မည်သည့်လည်ပတ်နှုံးဖြင့် လည်ပတ်သည်ဖြစ်စေ၊ အမြဲအအေးဓါတ်ရရှိနေစေရန် အတွက်ဖြစ်ပါ သည်။ မော်တာ အတော်များများသည် မော်တာဂင်ရိုးတွင် ပန်ကာ တပ်ဆင်ထားခြင်းအားဖြင့် ပြင်ပမှလေ ကို မော်တာအတွင်း ဖြတ်သန်းစေပါသည်။ မော်တာလည်ပတ်နှုံးကျဆင်းသွားသောအခါတွင် ပန်ကာသည် မော်တာအေးမြနေစေရန်အတွက် လုံလောက်သော လေစီးမှုကို မရရှိနိုင်တော့ပေ။

၂။ အင်ဗာတာနှင့် တွဲဖက်အသုံးပြုမည့် မော်တာများတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် winding များနှင့် stator core အကြားတွင် လျှပ်ကာစက္ကူ ပါရှိပါသည် (ပုံ ၄၆.၁၁)။ မြင့်မားသော voltage spike များကြောင့် မြင့်မားသော လျှပ်စီးကို ဖြစ်ပေါ်စေကာ ထိုမှ တစ်ဆင့် ပြင်းထန်သော သံလိုက်စက်ကွင်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ထိုသို့ တိုးတက်ဖြစ်ပေါ်လာသော သံလိုက်စက်ကွင်းသည် တူညီသော သံလိုက်စက်ကွင်းများ တွန်းကန်ကြသော သဘာဝကြောင့် မော်တာ winding များအား ရွေ့လျားစေပါသည်။ ထိုသို့ရွေ့လျားမှုသည် ဂါယာကြိုးများ၏ လျှပ်ကာအား ပွန်းတိုက်ပျက်စီးစေကာ မော်တာ winding အား ground ကျစေပါသည်။



ပုံ ၄၆.၁၁ insulated paper ကို winding များနှင့် stator frame အကြားတွင် ထားရှိပုံ

၃။ အင်ဗာတာနှင့် တွဲဖက်အသုံးပြုမည့် မော်တာများတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် terminal lead များတွင် phase paper ကို ထည့်သွင်းထားကြပါသည်။ phase paper သည် လျှပ်ကာ စက္ကူဖြစ်ကာ မော်တာမှ ထွက်လာမည့် terminal lead များတွင် ထပ်ပေါင်း ထားပါသည်။ မြင့်မားသော voltage spike တို့သည် ကွိုင်၏ အတွင်းဖက်ပိုင်းရှိ ဂါယာများနှင့်စာလျှင် ထိပ်စွန်း အစပိုင်းနေရာတွင် သက်ရောက်မှုပိုမိုရှိပါသည်။ ကွိုင်သည် inductor တစ်ခုဖြစ်ကာ လျှပ်စီးပြောင်းလဲမှုနှင့် ပုံမှန်အားဖြင့် ဆန့်ကျင်ပါသည်။ များသောအားဖြင့် မြင့်မားသော voltage spike များကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော insulation stress တို့သည် winding ၏ အစဦးနေရာတွင်သာ ဖြစ်ပေါ်ပါသည်။

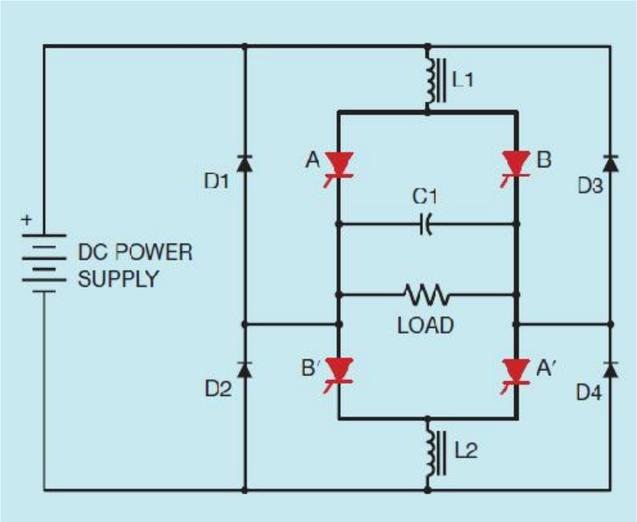
၄။ မော်တာ winding များအား တည်ဆောက်ရာတွင် အသုံးပြုသော သံလိုက်ဂါယာ၏ insulation သည် အခြားသော မော်တာများထက် ပိုမို မြင့်မားပါသည်။

၅။ အခြားသော တြိသွင် မော်တာများနှင့်ယှဉ်လျှင် အရွယ်အစား ကြီးမားပါသည်။ winding များနှင့် stator core အကြားတွင် လျှပ်ကာစက္ကူကို ထည့်သွင်းထားသည့်အတွက် မော်တာအရွယ်အစားကြီး သွားရခြင်း ဖြစ်ပါသည်။ ထို့အတူ အရွယ်အစားကြီးမားသည့်အတွက် အပူစွန့်ပစ်ရန်အတွက် ဧရိယာကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့် ရှိသောကြောင့် မော်တာအတွက် အအေးဓါတ်ရရှိစေရန် အထောက်အကူ ရရှိစေပါသည်။

SCR များနှင့် GTO များကို အသုံးပြုသော Variable Frequency Drive များ

မြင်းကောင်ရေ ၅၀၀ ထက်ကျော်လွန်သော မော်တာများအား control လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုသော variable frequency drive များတွင် SCR များ သို့မဟုတ် GTO (Gate Turn Off device) များအား အသုံးပြုကြပါသည်။ GTO များတွင် ယင်းအတွင်းဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးအား အနုတ်ဗို့အား (ကက်သုတ် (-) မှ gate သို့ ဗို့အား အနုတ်တန်ဖိုး) ပေးခြင်းအားဖြင့် ရပ်တန့်နိုင်သည်မှလွဲလျှင် SCR များနှင့် သဏ္ဍာန်တူကြလေသည်။ SCR များနှင့် GTO များသည် thyristor များဖြစ်သည့်အားလျော်စွာ ယင်းတို့တွင် transistor များနှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက လျှပ်စီးပမာဏ များစွာကို သယ်ဆောင်စီးဆင်းစေနိုင်သော အရည်အသွေးများကို ပိုင်ဆိုင်ကြပါသည်။ thyristor များသည် solid-state device များဖြစ်သည့်အား လျော်စွာ ယင်းတို့ လုပ်ဆောင်ရာတွင် အခြေအနေနှစ်ခုကို ပြနိုင်ကြကာ - ယင်းတို့မှာ အပြည့်အဝ turn on ဖြစ်ခြင်းနှင့် အပြည့်အဝ turn off ဖြစ်ခြင်းတို့ဖြစ်ပါသည်။ ဒီစီဗို့အားမှ အေစီဗို့အားသို့ပြောင်းလဲပေးသော ဧကသွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်း converter များတွင် SCR များ အသုံးပြုထားပုံကို ပုံ ၄၆.၁၂ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် SCR များအား phase shift ယူနစ်တွင် ဆက်သွယ်ထားကြကာ ယင်းတို့သည် SCR များအား gate on ရာတွင် မည်သို့သောအစီအစဉ်နှင့် မည်မျှ မြန်နှုန်းဖြင့် လုပ်ဆောင်ရမည်ကို control လုပ်ပေးပါသည်။ ထိုသို့ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား တည်ဆောက် ထားခြင်းအားဖြင့် SCR များဖြစ်ကြသော A နှင့် A′ တို့သည် တစ်ချိန်တည်းတွင် gate on ကြကာ B နှင့် B′ တို့သည်လည်း တစ်ချိန်တည်းတွင် gate on နိုင်ကြပါသည်။ inductor များဖြစ်ကြသော L1 နှင့် L2 တို့အား လှိုင်းများအား သန့်စေရန်နှင့် လှိုင်းသဘာဝ ရရှိစေရန် အတွက် အသုံးပြုပါသည်။ diode များဖြစ်ကြသော D1 မှ D4 တို့သည် clamping diode များဖြစ်ကြကာ ယင်းတို့သည် output ဗို့အား တိုးမြင့်လာခြင်းကို တားဆီးပေးပါသည်။ capacitor C1 အား SCR တစ်စုံ၏ gate သည် on နေစဉ်တွင် အခြား SCR တစ်စုံအား turn off လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ capacitor သည် AC Capacitor အစစ်အမှန်ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ကာ ယင်းသည် half cycle တိုင်းတွင် တစ်လှည့်စီဖြစ်ပေါ်လာသော polarity အလျောက် charge လုပ်ပါမည်။ ပါဂါမြင့်မားစွာ ကိုင်တွယ်ရန် ရည်ရွယ်ထားသော converter များတွင် capacitor C1 အား အတွဲလိုက်အနေအထားဖြင့် ထားရှိရပါမည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ လုပ်ဆောင်ပုံအား နားလည်စေရန် SCR များဖြစ်ကြသော A နှင့် A′ တို့အား တစ်ချိန်တည်းတွင် gate on ပေးရမည်ဟု ယူဆပါမည်။ လျှပ်စီးသည် ပုံ ၄၆.၁၃ အတိုင်း စီးဆင်းပါမည်။ ဝန်အားကို ဖြတ်ကာ စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီး၏ ဦးတည်ရာနှင့် capacitor C1 အား charge လုပ်သည့် polarity တို့အား ပြသထားပါသည်။ SCR တစ်လုံး၏

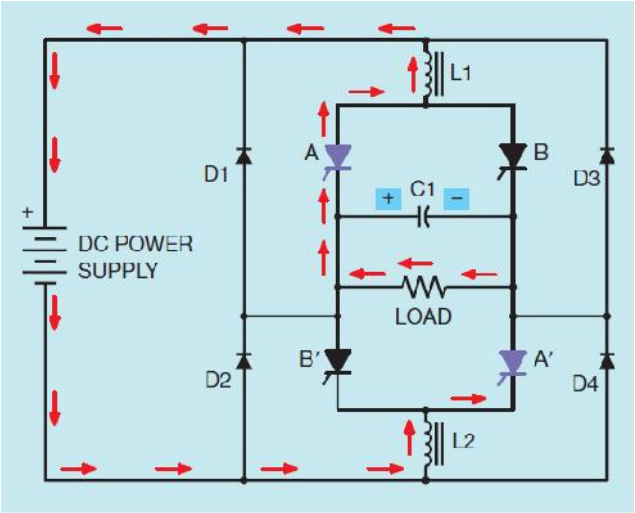
gate on စဉ်တွင် ယင်းအား anode-cathode ဆက်ပိုင်း အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးသည် ပမာဏတစ်ခု (holding current) အောက်သို့ ကျဆင်းသွားမှသာလျှင် turn off လုပ်နိုင်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ anode-cathode ဆက်ပိုင်းတစ်လျှောက်လျှပ်စီး ဖြတ်သန်းစီးဆင်းနေသမျှ SCR သည် turn off မလုပ်ပေ။ ယခုအခါတွင် SCR များ ဖြစ်ကြသော B နှင့် B′ တို့အား turn on လုပ်သည်ဟု ယူဆကြပါမည်။ SCR များဖြစ်ကြသော A နှင့် A′ တို့သည်လည်း turn on လျက်ပင် ရှိနေသေးသည့်တွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်း အတွင်း လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းနှစ်ခု ဖြစ်ပေါ်လျက်ရှိပါသည်။ capacitor C1 ရှိ positive charge သည် အနုတ်သဘာဝ ဆောင်သော အီလက်ထရွန်များအတွက် ပိုမိုလွယ်ကူသော လမ်းကြောင်းကို မြင်မိစေပါ သည်။ လျှပ်စီးသည် capacitor အား ဆန့်ကျင်ဖက် polarity မှ လျှင်မြန်စွာ charge လုပ်ခြင်းကြောင့် SCR များဖြစ်ကြသော A နှင့် A′ တို့အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးအား ရပ်တန့်စေခြင်းအားဖြင့် ယင်းတို့အား turn off ဖြစ်စေပါသည်။ လျှပ်စီးသည် ယခုအခါ SCR များဖြစ်ကြသော B နှင့် B′ တို့အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းပြီး capacitor ကို ဆန့်ကျင်ဖက် polarity မှ charge လုပ်ပါသည် (ပုံ ၄၆.၁၄)။ မှတ်သားရန်မှာ ဝန်အားကိုဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးသည် ဆန့်ကျင်ဖက် ဦးတည်ရာအတိုင်း ရှိကာ ယင်းကြောင့် ဝန်အားအတွက် ပြန်လှန်လျှပ်စီးကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။



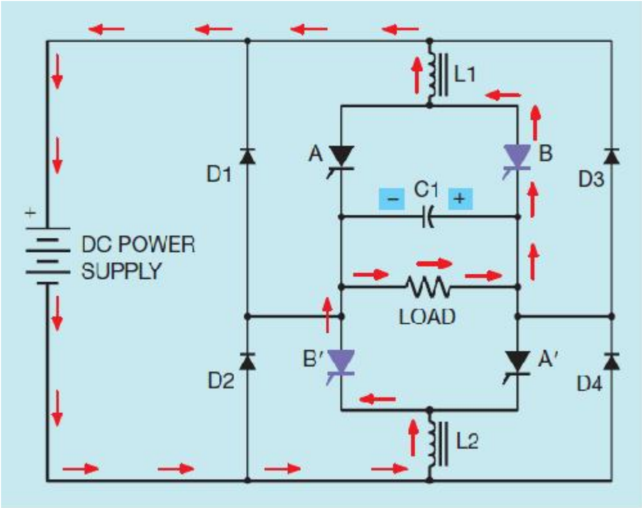
ပုံ ၄၆.၁၂ DC မှ AC သို့ SCR များအသုံးပြုကာ ပြောင်းလဲပုံ

အစေီလျှပ်စီး၏ နောက်ထပ် half cycle အတွက် SCR များဖြစ်ကြသော A နှင့် A′ တို့အား ထပ်မံ gate on လုပ်ပေးပါမည်။ capacitor ၏ အပေါင်းသဘာဝအားဖြင့် charge လုပ်ထားသော အပိုင်းသည်

ယခုအခါတွင် SCR များဖြစ်ကြသော B နှင့် B′ တို့အား ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသည့်လျှပ်စီးအား ရပ်တန့်စေကာ ယင်းတို့အား turn off ဖြစ်စေပါသည်။ လျှပ်စီးသည် ပုံ ၄၆.၁၃ တွင် ပြထားသည့် ဦးတည်ရာအတိုင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ ဖရီကွင်စီအား SCR များ၏ gate on သည့် အကြိမ်နှုန်းအားဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပါသည်။ ပုံ ၄၆.၁၅ တွင် မြင်းကောင်ရေ ၁၂၅ ရှိသည့်မော်တာအတွက် အသုံးပြုသော variable frequency drive တစ်လုံးအား ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၄၆.၁၃ A မှ A′ သို့ SCR များမှ လျှပ်စီး စီးဆင်းပုံ



ပုံ ၄၆.၁၄ B မှ B′ သို့ SCR များမှ လျှပ်စီး စီးဆင်းပုံ

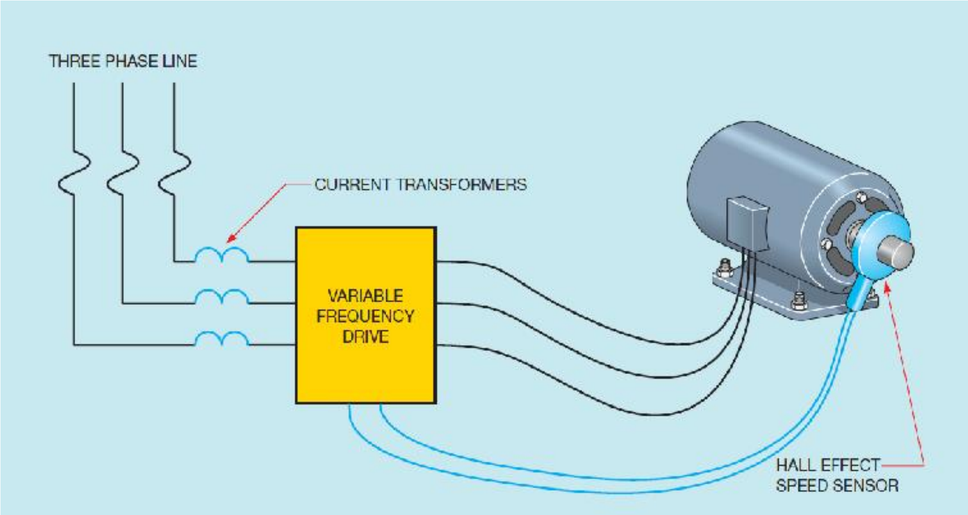
ပုံ ၄၆.၁၅ မြင်းကောင်ရေ ၁၂၅၊ Variable frequency AC motor controller

Variable Frequency Control လုပ်ခြင်းအတွက် အချက်အလက်များ

Variable Frequency Drive များအား အသုံးပြုရခြင်း၏ ပထမဦးဆုံးသော ရည်ရွယ်ချက်မှာ အေစီမော်တာများ ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား ထိန်းချုပ်ရန်ဖြစ်သော်လည်း drive အတော်များများတွင် အခြားသော control များမှ မလုပ်ဆောင်နိုင်သည့် လုပ်ဆောင်မှုများ ပါရှိပါသည်။ variable frequency drive အတော်များများတို့သည် နိမ့်ပါးသော speed-torque သဘာဝ ရှိကြကာ ယင်းအချက်သည် ဒီစီ မော်တာတို့တွင် အထူးကောင်းမွန်ပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် များစွာသော အသုံးပြုမှုတို့တွင် အေစီ ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာများအစား ဒီစီမော်တာများကို အစားထိုးသုံးစွဲကြခြင်းဖြစ်ပါသည်။

Variable frequency drive အတော်များများ တို့သည် မော်တာများအတွက် လျှပ်စီး ကန့်သတ်မှုနှင့် အလိုအလျောက် လည်ပတ်နှုန်း ထိန်းညှိမှုများကို ရရှိစေပါသည်။ လျှပ်စီးပမာဏ ကန့်သတ်ရာတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် drive ၏ အဝင်ဖက်ခြမ်းတွင် current transformer အား တပ်ဆင်ကာ ဝန်အားထပ်ထည့်လိုက်သည့်အချိန်တွင် လျှပ်စီးတိုးတက်လာမှုအား အာရုံခံပေးပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်း

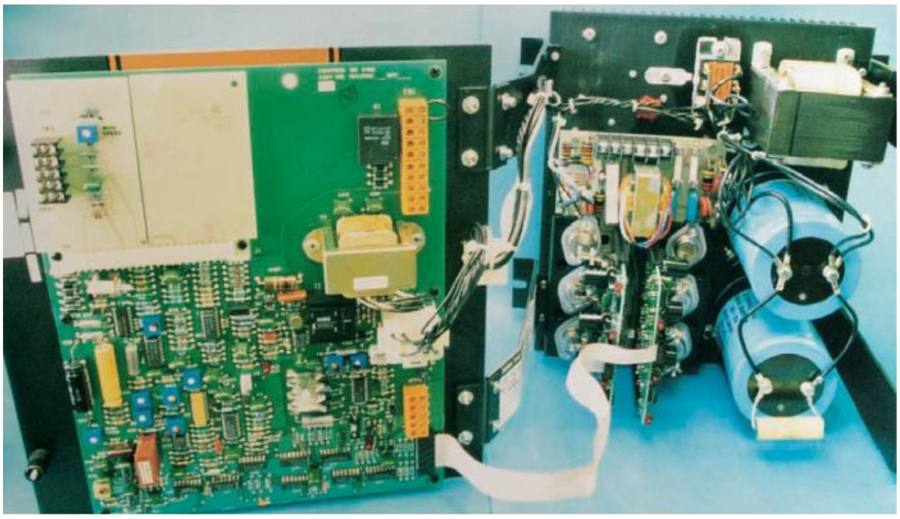
ထိန်းချုပ်မှုအား ရရှိစေရန် မော်တာ၏ လည်ပတ်နှုန်းကို အာရုံခံပြီးနောက် ယင်း အချက်အလက်အား drive ထံသို့ပေးပို့ခြင်းအားဖြင့် ရရှိစေပါသည် (ပုံ ၄၆.၁၆)။



ပုံ ၄၆.၁၆ variable frequency drive အတော်များများသည် current နှင့် speed regulation တို့ကို ပေးစွမ်းနိုင်ကြပါသည်။

Variable frequency drive များ၏ နောက်ထပ် ထူးခြားသော အချက်မှာ မြန်နှုန်းမြင့်စေခြင်းနှင့် မြန်နှုန်းအား နှေးကွေးစေခြင်းအား control လုပ်ခြင်းဖြစ်ကာ ယင်းသို့လုပ်ဆောင်မှုအား ramping ဟု ခေါ်ပါသည်။ ramping အား အချို့သော အချိန်တို့တွင် မော်တာတစ်လုံးအတွက် မြန်စေ၊ နှေးစေ လိုသော အခါတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ramping ကြောင့် မော်တာသည် ဝန်အားကို ရယူရာတွင် လိုင်းနှင့် ရိုးရိုးတန်းတန်း တိုက်ရိုက်ချိတ်ဆက်သည်နှင့် မတူကွဲပြားကာ အမြန်နှုန်းအား နှေးရာမှ တိုးမြှင့်ယူပါသည်။ start button အား နှိပ်စဉ်တွင် မော်တာ speed control အား အမြင့်ဆုံးအနေအထားတွင် ထားရှိသော်လည်း ramping ကြောင့် မော်တာမှ ဝန်အားကို ရယူရာတွင် လည်ပတ်နှုန်း သုညမှသည် အမြင့်ဆုံး RPM အထိအား စက္ကန့် အတော်များများ ကြာသည့်တိုင် အရှိန်ရယူပေမည်။ ယင်းသို့သော ထူးခြားချက်သည် အချို့သော ဝန်အား အမျိုးအစားများအတွက် အထူးသဖြင့် ဂီယာဖြင့်မောင်းနှင်သော ဝန်အားများအတွက် အလွန်ကောင်းမွန်ပါသည်။ အချို့သော controller များတွင် အမြန်နှုန်းမြှင့်တင်ခြင်းနှင့် လျော့ချခြင်းတို့အား ပင်မ control board အပေါ်တွင် တပ်ဆင်ထားသော potentiometer အားအသုံးပြုကာ ထိန်းညှိ setting

လုပ်ထားနိုင်ပါသည် (ပုံ ၄၆.၁၇)။ အခြားသော controller များသည် ပြီးပြည့်စုံသော digital control ဖြစ်ကာ မြန်နှုံးမြင့်ချိန်နှင့် လျော့ကျချိန်တို့အား ကွန်ပြူတာ မှတ်ဉာဏ်အတွင်း ပရိုဂရမ်သွင်းထားနိုင်ပါသည်။



ပုံ ၄၆.၁၇ အချို့သော variable frequency drive များကို main control board အပေါ်မှ setting ပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။

အသုံးပြုလိုသော ယူနစ်အား ပရိုဂရမ်သွင်းထားခြင်းအားဖြင့် ဖြစ်စေ၊ potentiometer အားဖြင့် ဖြစ်စေ အချက်အလက်များအား ချိန်ညှိကာ ဆက်တင်လုပ်နိုင်သော အချက်အချို့မှာ -

<u>လျှပ်စီး ကန့်သတ်မှု</u> - ယင်း control သည် drive မှ မော်တာထံသို့ ပေးပို့သည့် အမြင့်ဆုံးလျှပ်စီးပမာဏအား set လုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။

<u>Volt per Hertz</u> - ယင်းမှ ဗို့အား တိုးတက်လာသည်နှင့် ဖရီကွင်စီ တိုးခြင်း သို့မဟုတ် ဖရီကွင်စီလျော့ကျခြင်းကြောင့် ဗို့အား လျော့ကျခြင်း အစရှိသည်တို့အား set လုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။

<u>အမြင့်ဆုံး Hertz</u> - ယင်း control သည် မော်တာ၏ အမြင့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းအား set လုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။ များသောအားဖြင့် မော်တာများအား သုညမှ ၆၀ဟတ်ဇ် အတွင်း လုပ်ဆောင်နိုင်စေရန် ရည်ရွယ်ထားသော်လည်း၊ အခြားသော drive များတွင် output ဖရီကွင်စီအား ၆၀ဟတ်ဇ် အထက်ရှိစေရန် set လုပ်နိုင်ခြင်းအားဖြင့် မော်တာအား ပုံမှန်ထက်မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်နိုင်စေပါသည်။ အမြင့်ဆုံး ဟာဇ်တန်ဖိုး အတွက် control သည် output ဖရီကွင်စီအား ကန့်သတ်ကာ ၆၀ဟတ်ဇ်အောက်နိမ့်

သော တန်ဖိုးတစ်ခုဖြစ်စေခြင်းအားဖြင့် မော်တာလည်ပတ်နှုန်းအား ပုံမှန်အောက်နိမ့်သော တန်ဖိုးတစ်ခုဖြစ်စေပါသည်။

အနိမ့်ဆုံး Hertz - မော်တာအား ခွင့်ပြုပေးနိုင်သော အနိမ့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်း ရရှိစေရန်အတွက် set လုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။

အချို့သော variable frequency drive များသည် လျှပ်စီးတန်ဖိုး ကန့်သတ်ခြင်း၊ အမြင့်ဆုံးနှင့် အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းများ၊ ramping လုပ်သည့်အချိန်၊ နှင့် အခြားအချက်များအား ပင်မ control board အပေါ်ရှိ trim resistor မှ ချိန်ညှိပေးနိုင်ပါသည်။ အခြားသော drive များတွင်မူ မိုက်ခရို ကွန်ထရိုလာအား controller အဖြစ်အသုံးပြုကြပါသည်။ ယင်းသို့သော drive များ၏ လျှပ်စီးပမာဏ ကန့်သတ်ခြင်း၊ လည်ပတ်နှုန်း၊ ramping time နှင့် အခြားသော အချက်အလက်များအား ယူနစ်အတွင်း ပရိုဂရမ်လုပ်ထားခြင်းအားဖြင့် ပိုမိုလွယ်ကူစွာ လုပ်ဆောင်နိုင်စေကာ ယေဘုယျအားဖြင့် trim resistor အား ချိန်ညှိခြင်းထက်စာပါက ပိုမိုတိကျပါသည်။ ပရိုဂရမ်ရေးသွင်း၍ရသော variable frequency drive အား ပုံ ၄၆.၁၈ တွင် ပြသထားပါသည်။

ပုံ ၄၆.၁၈ program ထည့်သွင်းအသုံးပြုနိုင်သော variable frequency drive တစ်လုံး။

အခန်း ၄၇

မော်တာများအား တပ်ဆင်အသုံးပြုခြင်း

မော်တာလျှပ်စီးပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ခြင်း

မော်တာများတွင် မတူညီသောလျှပ်စီး၊ ကေသွင် အေစီ (single-phase AC)၊ ဒွိသွင် အေစီ (two-phase AC)၊ တြိသွင် အေစီ (three-phase AC) အစရှိသည်ဖြင့် အမျိုးမျိုး အစားအစားရှိပါသည်။ National Electric Code (NEC) မှ ဇယားအမျိုးမျိုးအား အသုံးပြုကာ ယင်းသို့သော မော်တာအမျိုးမျိုးအတွက် လည်ပတ်မောင်းနှင်နေစဉ်တွင် စီးဆင်းမည့်လျှပ်စီးပမာဏ အား ဆုံးဖြတ်နိုင်ပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၄၇ (ပုံ ၄၇.၁) အား တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး မော်တာများအတွက် မောင်းနှင်နေစဉ် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၄၈ (ပုံ ၄၇.၂) အား ကေသွင် မော်တာများအတွက် မောင်းနှင်နေစဉ် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏ ကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၄၉ (ပုံ ၄၇.၃) အား ဒွိသွင် မော်တာများအတွက် မောင်းနှင်နေစဉ် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ (ပုံ ၄၇.၄) အား တြိသွင် မော်တာများအတွက် မောင်းနှင်နေစဉ် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ဇယားမှ ဖော်ပြထားသောလျှပ်စီးပမာဏ တန်ဖိုးတို့သည် မော်တာအား ဝန်အားပြည့်သုံးစွဲနေစဉ်တွင် စီးဆင်းနိုင်ခြေရှိသော လျှပ်စီးပမာဏ ကိုသာ ဖော်ပြထားခြင်းဖြစ်ပါသည်ဟု မှတ်သားထားသင့်ပါသည်။ မော်တာသည် ဝန်အားပြည့်အခြေအနေ မဟုတ်ခဲ့ပါက နည်းပါးသော လျှပ်စီးကိုသာ အသုံးပြုပေလိမ့်မည်။ ယင်း ဇယားများအား ပြုစုရာတွင် ယင်းတို့ ဆက်သွယ်အသုံးပြုမည့် ဗို့အားပမာဏ နှင့် မြင်းကောင်ရေ အပေါ်တွင် မူတည်ကာ ပြုစုထားခြင်းဖြစ်ပါသည်။ NEC Section 430.6 (A)(1) တွင် ယင်း ဇယားများအား အသုံးပြုကာ conductor အရွယ်အစား၊ short circuit protection အရွယ်အစား နှင့် ground fault protection အရွယ်အစား တို့အား မော်တာ၏ nameplate မှ ဖော်ပြထားသော rating များကို အသုံးပြုမည့်အစား

ဇယားမှ တစ်ဆင့် ဆုံးဖြတ်ချက်ချနိုင်ပါသည်။ မော်တာ၏ ဝန်အားပိုပမာဏ ကိုမူ မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော rating မှတစ်ဆင့်သာ ဆုံးဖြတ်နိုင်ပါသည်။

တိုက်ရိုက်လျှပ်စီး မော်တာများ

ဇယား ၄၃၀.၂၄၇ တွင် တိုက်ရိုက်လျှပ်စီးအသုံးပြုသော မော်တာများ၏ ဝန်အားပြည့်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိမည့် လျှပ်စီးပမာဏအား စာရင်းပြုစုထားပါသည်။ မော်တာ၏ အရွယ်အစား မြင်းကောင်ရေပမာဏ အား လက်ဝဲဖက် အစွန်ဆုံး ကော်လံတွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ သုံးစွဲမည့် rated voltage အား ဇယား၏ အပေါ်ဖက်ခြမ်းတွင် စီစဉ်ထားရှိပါသည်။ ဇယား တွင် မြင်းကောင်ရေ ၁ ကောင်အား မော်တာတစ်လုံးအား ၉၀ ဗို့ ဒီစီ ဖြင့် ချိတ်ဆက်သုံးစွဲသောအခါတွင် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး ၁၂.၂ အမ်ပီယာ ရှိမည်ဟုဖော်ပြထား ပါသည်။ အကယ်၍ ယင်း မြင်းကောင်ရေ ၁ ကောင်အား မော်တာကို ပင် ၂၄၀ ဗို့ ဒီစီဖြင့် ချိတ်ဆက်သုံးစွဲသောအခါတွင် ၄.၇ အမ်ပီယာကို အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။

Table 430.247 Full-Load Current in Amperes, Direct-Current Motors
The following values of full-load currents* are for motors running at base speed.

	Armature Voltage Rating*					
Horsepower	90 Volts	120 Volts	180 Volts	240 Volts	500 Volts	550 Volts
¼	4.0	3.1	2.0	1.6	—	—
⅓	5.2	4.1	2.6	2.0	—	—
½	6.8	5.4	3.4	2.7	—	—
¾	9.6	7.6	4.8	3.8	—	—
1	12.2	9.5	6.1	4.7	—	—
1½	—	13.2	8.3	6.6	—	—
2	—	17	10.8	8.5	—	—
3	—	25	16	12.2	—	—
5	—	40	27	20	—	—
7½	—	58	—	29	13.6	12.2
10	—	76	—	38	18	16
15	—	—	—	55	27	24
20	—	—	—	72	34	31
25	—	—	—	89	43	38
30	—	—	—	106	51	46
40	—	—	—	140	67	61
50	—	—	—	173	83	75
60	—	—	—	206	99	90
75				255	123	111
100	—	—	—	341	164	148
125	—	—	—	425	205	185
150	—	—	—	506	246	222
200	—	—	—	675	330	294

*These are average dc quantities.

ပုံ ၄၇.၁ ဇယား ၄၃၀.၂၄၇ ကို direct current motor များအတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။

ကေသွင် အေစီမော်တာများ (Single-Phase Motors)

ကေသွင် အေစီမော်တာများအတွက် လျှပ်စီးပမာဏ များအား ဇယား ၄၃၀.၂၄၈ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်းဇယားကို အသုံးပြုသောအခါတွင် သတိပြုရန်အချက်အား ဂရုတစ်စိုက်ရှိသင့်ပါသည်။ ယင်း သတိပြုရန် အချက်တွင် ဖော်ပြထားသည်မှာ ဇယားအတွင်းဖော်ပြထားသော တန်ဖိုးများသည်မော်တာ သည် ပုံမှန် လည်ပတ်နှုန်းနှင့် torque များဖြင့် လုပ်ဆောင်နေသည့်အချိန်အတွက်တန်ဖိုးများ သာဖြစ်သည် ဟု ဆိုလိုပါသည်။ မော်တာများအား အထူးသဖြင့် ဒီဇိုင်းထုတ်ရာတွင် လည်ပတ်နှုန်းနိမ့်ပြီး torque မြင့်မားကောင်းမွန်သော၊ သို့မဟုတ် လည်ပတ်နှုန်းအမျိုးမျိုးရရှိနိုင်သော မော်တာများဟူ၍ ဒီဇိုင်းထုတ်ထားကြ သည်ဖြစ်ရာ ယင်းတို့မောင်းနှင်သုံးစွဲနေစဉ်တွင် ရှိမည့် လျှပ်စီးတို့အား မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော rating မှ ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။

ဇယားတွင်ဖော်ပြစာရင်းပြုထားသော ဗို့အား တို့မှာ ၁၁၅၊ ၂၀၀၊ ၂၀၈ နှင့် ၂၃၀ တို့ဖြစ်ကြပါသည်။ ယင်း တွင်ဖော်ပြထားသော သတိပြုရန် အချက်၏ နောက်ဆုံးစာကြောင်းတွင် စာရင်းပြုစုထားသော လျှပ်စီးပမာဏ တန်ဖိုးတို့သည် ဗို့အား ၁၁၀ မှ ၁၂၀ တို့အတွက် နှင့် ၂၂၀ မှ ၂၃၀ ဗို့အားများတို့အတွက် ခွင့်ပြုထားပါသည်ဟု ဆိုပါသည်။ ဆိုလိုသည်မှာ မော်တာအား လိုင်းဗို့အား ၁၂၀ ဖြင့် ချိတ်ဆက်ပါက ၁၁၅ ဗို့ ကော်လံတွင် ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပမာဏ တန်ဖိုးများအား အသုံးပြုနိုင်သည်ဟု ဆိုလိုပါသည်။ အကယ်၍ မော်တာအား လိုင်းဗို့အား ၂၂၀ ဖြင့် ချိတ်ဆက်သုံးစွဲမည်ဆိုပါက ၂၃၀ ဗို့ကော်လံအား အသုံးပြုနိုင်မည်ဖြစ်ပါသည်။

ဥပမာ

ကေသွင် မြင်းကောင်ရေ ၃ ကောင်အား အေစီမော်တာတစ်လုံးအား လိုင်းဗို့အား ၂၀၈ ဗို့ဖြင့် ချိတ်ဆက်သုံးစွဲပါမည်။ ယင်းမော်တာ၏ ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏ မည်မျှ ဖြစ်မည်နည်း။

မြင်းကောင်ရေ ၃ ကောင် ဆိုသော ပမာဏအား လက်ဝဲဘက်အကျဆုံး ကော်လံတွင် နေရာချလိုက်ပါ။ ထို့နောက် ၂၀၈ ဗို့ကော်လံသို့ ဆက်လက်သွားပါ။ ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးသည် ၁၈.၇ အမ်ပီယာဖြစ်ပေမည်။

Table 430.248 Full-Load Currents in Amperes, Single-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are for motors running at usual speeds and motors with normal torque characteristics. The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120 and 220 to 240 volts.

Horsepower	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts
1/6	4.4	2.5	2.4	2.2
1/4	5.8	3.3	3.2	2.9
1/3	7.2	4.1	4.0	3.6
1/2	9.8	5.6	5.4	4.9
3/4	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8.0
1½	20	11.5	11.0	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
7½	80	46.0	44.0	40
10	100	57.5	55.0	50

ပုံ ၄၇.၂ ဇယား ၄၃၀.၂၄၈ ကို single-phase motor များအတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။

ဒွိသွင် မော်တာများ (Two-Phase Motors)

ဒွိသွင်မော်တာများအား အသုံးနည်းသော်လည်း ဇယား ၄၃၀.၂၄၉ တွင် ယင်းမော်တာများ မောင်းနှင်သုံးစွဲနေစဉ်တွင် ရှိမည့် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏ တို့ကို စာရင်းပြုစုထားပါသည်။ ဧကသွင်မော်တာများမှာကဲ့သို့ပင်၊ ဒွိသွင်မော်တာများအား အထူးသဖြင့် ဒီဇိုင်းထုတ်ရာတွင်လည်ပတ်နှုန်း နိမ့်ပြီး torque မြင့်မားကောင်းမွန်သော သုံးစွဲမှုများနှင့် လည်ပတ်နှုန်းအမျိုးမျိုးရရှိနိုင်သော မော်တာများဟူ၍ ဒီဇိုင်းထုတ်ထားကြသည်ဖြစ်ရာ ယင်းတို့မောင်းနှင်သုံးစွဲနေစဉ်တွင် ရှိမည့် လျှပ်စီးတို့အား မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော rating မှ ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ ဒွိသွင်၊ three wire စံနစ်တွင် neutral conductor ၏ အရွယ်အစားအား နစ်ထပ်ကိန်းရင်း ၂ သို့မဟုတ် ၁.၄၁၄ အဆမျှ တိုးမြှင့်ပေးရပါမည်။ ထိုသို့ တိုးမြှင့်ရခြင်းမှာ ဒွိသွင်စံနစ်တွင် ဗို့အားများသည် ပုံ ၄၇.၅ တွင်ပြသထားသည့်အတိုင်း တစ်ခုနှင့်တစ်ခု phase ကွာဟမှု ၉၀ ဒီဂရီ ကွာဟပါသည်။ ဒွိသွင် ပါဝါထုတ်လုပ်မှု ဥပဒေသအား ပုံ ၄၇.၆ တွင် ပြသထားပါသည်။ ဒွိသွင် alternator တွင် phase winding များအား ၉၀ ဒီဂရီဝေးကွာစေရန် စီစဉ်ထားပါသည်။ သံလိုက်သည် alternator ၏ rotor ဖြစ်ပါသည်။ rotor လည်ပတ်သောအခါတွင် phase winding များအတွင်း induced voltage တို့သည် ၉၀ ဒီဂရီစီ ဝေးကွာစွာ

ဖြစ်ပေါ်လာပါသည်။ phase winding တစ်ခုစီ၏ အဆုံးစတစ်ခုစီအား ပေါင်းစည်းခြင်းအားဖြင့် ဘုံ terminal တစ်ခုဖြစ်လာကာ ယင်းအား neutral ဟုခေါ်ဆိုကာ ယင်း neutral အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးပမာဏသည် phase conductor နှစ်ခုမှ တစ်ခုမဟုတ်တစ်ခုထက် ပိုမို မြင့်မားပေမည်။ ယင်းနှင့်သက်ဆိုင်သော ဥပမာအား ပုံ ၄၇.၇ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်း ဥပမာတွင် ဒွိသွင် alternator တစ်လုံးသည် ဒွိသွင်မော်တာတစ်လုံးအား ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ phase winding တစ်ခုစီ အတွင်း စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးသည် ၁၀ အမ်ပီယာရှိပါသည်။ neutral အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးသည် phase winding အတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီးထက် ၁.၄၁ အဆ မြင့်မားသည်ဖြစ်ခြင်းကြောင့် ၁၄.၁ အမ်ပီယာဖြစ်နေပေမည်။

Table 430.249 Full-Load Current, Two-Phase Alternating-Current Motors (4-Wire)

The following values of full-load current are for motors running at speeds usual for belted motors and motors with normal torque characteristics. Current in the common conductor of a 2-phase, 3-wire system will be 1.41 times the value given. The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120, 220 to 240, 440 to 480, and 550 to 600 volts.

	Induction-Type Squirrel Cage and Wound Rotor (Amperes)				
Horsepower	115 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
½	4.0	2.0	1.0	0.8	—
¾	4.8	2.4	1.2	1.0	—
1	6.4	3.2	1.6	1.3	—
1½	9.0	4.5	2.3	1.8	—
2	11.8	5.9	3.0	2.4	—
3	—	8.3	4.2	3.3	—
5	—	13.2	6.6	5.3	—
7½	—	19	9.0	8.0	—
10	—	24	12	10	—
15	—	36	18	14	—
20		47	23	19	
25	—	59	29	24	—
30	—	69	35	28	—
40	—	90	45	36	—
50	—	113	56	45	—
60		133	67	53	14
75	—	166	83	66	18
100	—	218	109	87	23
125	—	270	135	108	28
150	—	312	156	125	32
200		416	208	167	43

ပုံ ၄၇.၃ ဇယား ၄၃၀.၂၄၉ အား two-phse motor များအတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။

ဥပမာ

ဒွိသွင် ၄၆၀ ဗို့ မြင်းကောင်ရေ ၆၀ အား မော်တာတစ်လုံး အတွက် phase လျှပ်စီးနှင့် neutral လျှပ်စီးတို့အား တွက်ချက်ပေးပါ။

Phase လျှပ်စီးအား ဇယား ၄၃၀.၂၄၉ မှ ရရှိမည်ဖြစ်ပါသည်။

Phase လျှပ်စီး = ၆၇ အမ်ပီယာ

Neutral လျှပ်စီးသည် phase လျှပ်စီးထက် ၁.၄၁ အဆ မြင့်မားမည်ဖြစ်ပါသည်။

Neutral လျှပ်စီး = ၆၇ x ၁.၄၁

Neutral လျှပ်စီး = ၉၄.၅ အမ်ပီယာ

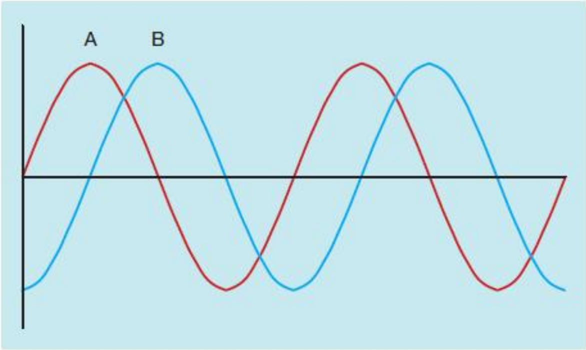
Table 430.250 Full-Load Current, Three-Phase Alternating-Current Motors
The following values of full-load currents are typical for motors running at speeds usual for belted motors and motors with normal torque characteristics.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120, 220 to 240, 440 to 480, and 550 to 600 volts.

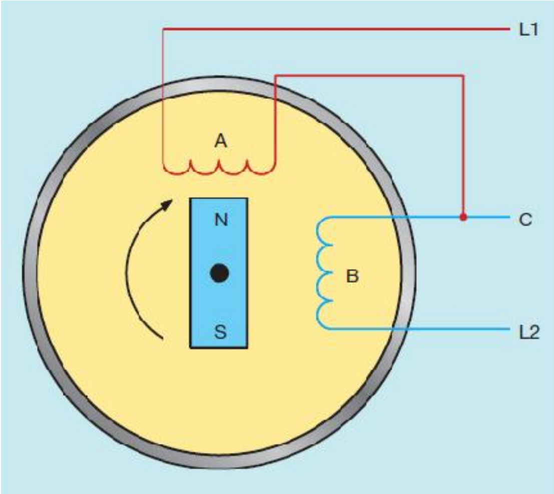
	Induction-Type Squirrel Cage and Wound Rotor (Amperes)							Synchronous-Type Unity Power Factor* (Amperes)			
Horsepower	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1½	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
3	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
7½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
10	—	32.2	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

*For 90 and 80 percent power factor, the figures shall be multiplied by 1.1 and 1.25, respectively.

ပုံ ၄၇.၄ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ ကို three-phase motor များအတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။



ပုံ ၄၇.၅ two-phase system တစ်ခု၏ ဗို့အားတို့သည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ၉၀ ဒီဂရီ out of phase ဖြစ်လျှက်ရှိပုံ

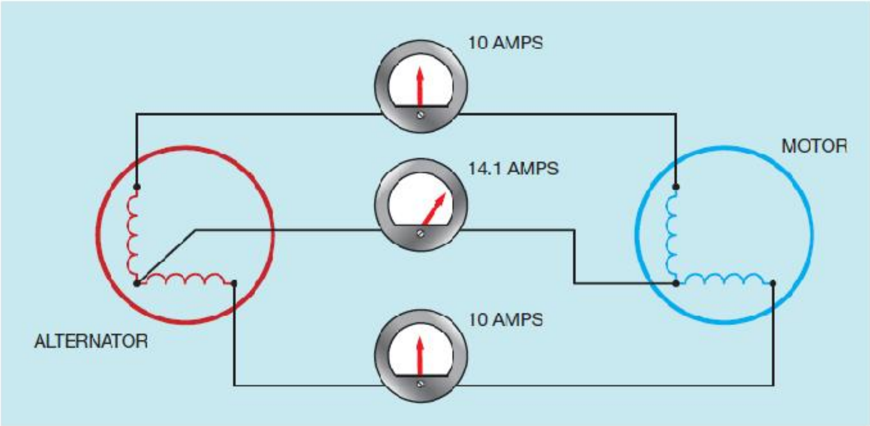


ပုံ ၄၇.၆ two-phase alternator တစ်လုံးမှ phase တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ၉၀ ဒီဂရီစီ out of phase ဖြစ်နေသော ဗို့အားတို့ကို ထုတ်ပေးပုံ

တြီသွင် မော်တာများ (Three-Phase Motors)

ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ အား တြီသွင်မော်တာများ၏ ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ဇယား၏ အထက်ဖက်တွင် ဖော်ပြထားသော မှတ်စုသည် ဇယား ၄၃၀.၂၄၈ နှင့် ဇယား ၄၃၀. ၂၄၉ တို့တွင် တွင်ဖော်ပြထားသော မှတ်စုနှင့် အလွန် သဏ္ဍာန်တူပါသည်။ လည်ပတ်နှုန်းနိမ့်ကာ မြင့်မားသော torque ရှိသည့် မော်တာများနှင့် လည်ပတ်နှုန်း အမျိုးမျိုး တို့ဖြင့် လည်ပတ်သော မော်တာများတို့၏ ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးအား ဆုံးဖြတ်ချက်ချရာတွင် ဇယားမှစီစဉ် ဖော်ပြထားသော တန်ဖိုးများထက်စာလျှင် nameplate မှဖော်ပြထားသော အချက်အလက်များအား အသုံးပြုသင့်ပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင်

synchronous motor နှင့် ပတ်သက်သော အပိုမှတ်စုကို ထည့်သွင်းထားပါသည်။ ဇယား ၄၇၀.၂၅၀ ၏ ညာဖက် အကျဆုံးကော်လံသည် synchronous အမျိုးအစား မော်တာများ၏ ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီးအား ဖော်ပြရန် သတ်မှတ်ထားသည့်နေရာဖြစ်သည်ကို သတိပြုရပါမည်။ ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုး တို့သည် synchronous အမျိုးအစား မော်တာများအတွက် ပါဂါဖက်တာ ယူနတီ သို့မဟုတ် ၁၀၀% ဖြင့် မောင်းနှင်သုံးစွဲနေစဉ် ရှိမည့်လျှပ်စီးတန်ဖိုးများဖြစ်ပါသည်။ synchronous မော်တာများအား over excitation လုပ်ခြင်းအားဖြင့် ပါဂါဖက်တာ စောစေရန် အမြဲလိုလို လုပ်ဆောင်တတ်ကြသည်ဖြစ်ရာ ထိုသို့လုပ်ဆောင်မှုကြောင့် ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏသည်လည်း တိုးတက်လာမည်ဖြစ်ပါသည်။ အကယ်၍ မော်တာအား ပါဂါဖက်တာ ၉၀% ဖြင့် မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်မည်ဆိုပါက ဇယားတွင်ဖော်ပြထား သော ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏ သည် ၁၀% မျှ တိုးမြင့်သွားပေမည်။ အကယ်၍ မော်တာအား ပါဂါဖက်တာ ၈၀% ဖြင့် မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်မည်ဆိုပါက ဇယားတွင်ဖော်ပြထားသော ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီး ပမာဏ သည် ၂၅% မျှ တိုးမြင့်သွားပေမည်။



ပုံ ၄၇.၇ two-phase system တစ်ခုမှ neutral conductor လျှပ်စီးသည် အခြားသော conductor နှစ်ခုထက်ပိုမိုပုံ

ဥပမာ

၄၆၀ ဗို့ အားအသုံးပြုသော မြင်းကောင်ရေ ၁၅၀ အား synchronous မော်တာတစ်လုံးသည် ပါဂါဖက်တာ ၈၀% ဖြင့် မောင်းနှင်ပါသည်။ မော်တာ၏ ဂန်အားပြည့် အမြင့်ဆုံးလျှပ်စီးပမာဏ အဘယ်မျှနည်း။

ဇယားတွင် ယင်းမော်တာအတွက် ၁၅၁ အမ်ပီယာသုံးစွဲမည်ဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ ပါဂါဖက်တာ ၈၀% ဖြင့်မောင်းနှင်အသုံးပြုမည်ဟု ဆိုထားသည့်အတွက် ယင်း ဖော်ပြပြီးသည့်လျှပ်စီးတန်ဖိုးအား ၁၂၅%

သို့မဟုတ် ၁.၂၅ ဖြင့်မြှောက်ပေးရပါမည်။ (၁.၂၅ ဖြင့် မြှောက်ခြင်းသည် ၀.၈၀ ဖြင့် စားသည်နှင့် အတူတူပင်ဖြစ်ပါသည်။)

၁၅၁ x ၁.၂၅ = ၁၈၈.၇၅ သို့မဟုတ် ၁၈၉ အမ်ပီယာ

ဥပမာ

၂၃၀၀ ဗို့ အားအသုံးပြုသော မြင်းကောင်ရေ ၂၀၀ အား synchronous မော်တာတစ်လုံးသည် ပါဝါဖက်တာ ၉၀% ဖြင့် မောင်းနှင်ပါသည်။ မော်တာ၏ ဝန်အားပြည့် အမြင့်ဆုံးလျှပ်စီးပမာဏ အဘယ်မျှနည်း။

ဇယား၏ လက်ဝဲဖက် အစွန်ဆုံးကော်လံတွင် မြင်းကောင်ရေ ၂၀၀ အတွက်နေရာချပါ။ synchronous motor အမျိုးအစားများအတွက်စီစဉ်ထားသည်မှ ၂၃၀၀ ဗို့ တစ်လျောက် သွားလိုက်ပါ။ ရရှိလာမည့်တန်ဖိုးအား ၁၀% တိုးလိုက်ပါ။

၄၀ x ၁.၁၀ = ၄၄ အမ်ပီယာ

မော်တာတစ်လုံးတည်းအတွက် conductor အရွယ်အစားအား သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ခြင်း

NEC Secton 430.6 (A)(1) တွင် မော်တာတစ်လုံးနှင့်အတူ ဆက်သွယ်ခြင်းပြုမည့် conductor အား မော်တာ၏ nameplate အစား ဇယား ၄၃၀.၂၄၇၊ ၄၃၀.၂၄၈၊ ၄၃၀.၂၄၉ နှင့် ၄၃၀.၂၅၀ တို့မှ တန်ဖိုးများအပေါ်တွင် အခြေခံကာ သတ်မှတ် ဆုံးဖြတ်ရမည်ဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ Section 430.22 (A) ကမူ မော်တာတစ်လုံးအား လျှပ်စစ်ဓါတ်အားပေးပို့မည့် conductor သည် မော်တာ၏ ဝန်အားပြည့် လျှပ်စီး၏ ၁၂၅% အောက်မငယ်ရပေ။ NEC Section 310 ကို အသုံးပြုလိုသော လျှပ်စီးပမာဏ အားဆုံးဖြတ်ပြီးသည်နှင့် conductor အရွယ်အစားအား ရွေးချယ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ မည်သည့်ဇယားအား အသုံးပြုရမည်ဆိုသည်ကို မူ ဂါယာဆက်သွယ်လိုသော အခြေအနေအပေါ်တွင် တည်မှီကာ ဆုံးဖြတ်ရမည်ဖြစ်ပေသည်။ မကြာခဏ ဆိုသလို အသုံးပြုသော ဇယားမှာ ၃၁၀.၁၆ (ပုံ ၄၇.၈) ဖြစ်ပါသည်။

Table 310.16 Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0 Through 2000 Volts, 60°C Through 90°C (140°F Through 194°F), Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway, Cable, or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)

Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor [See Table 310.13(A).]						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

CORRECTION FACTORS

Ambient Temp. (°C)	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.						Ambient Temp. (°F)
21–25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70–77
26–30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	—	0.58	0.71	132–140
61–70	—	0.33	0.58	—	0.33	0.58	141–158
71–80	—	—	0.41	—	—	0.41	159–176

ပုံ ၄၇.၈ ဇယား ၃၁၀.၁၆ ကို conductor မျိုးစုံအတွက် လျှပ်စီးပမာဏကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင်အသုံးပြုပါသည်။

430.32 Continuous-Duty Motors.

(A) More Than 1 Horsepower. Each motor used in a continuous duty application and rated more than 1 hp shall be protected against overload by one of the means in 430.32(A)(1) through (A)(4).

(1) Separate Overload Device. A separate overload device that is responsive to motor current. This device shall be selected to trip or shall be rated at no more than the following percent of the motor nameplate full-load current rating:

Motors with a marked service factor 1.15 or greater	125%
Motors with a marked temperature rise 40°C or less	125%
All other motors	115%

Modification of this value shall be permitted as provided in 430.32(C). For a multispeed motor, each winding connection shall be considered separately.

Where a separate motor overload device is connected so that it does not carry the total current designated on the motor nameplate, such as for wye-delta starting, the proper percentage of nameplate current applying to the selection or setting of the overload device shall be clearly designated on the equipment, or the manufacturer's selection table shall take this into account.

FPN: Where power factor correction capacitors are installed on the load side of the motor overload device, see 460.9.

(2) Thermal Protector. A thermal protector integral with the motor, approved for use with the motor it protects on the basis that it will prevent dangerous overheating of the motor due to overload and failure to start. The ultimate trip current of a thermally protected motor shall not exceed the following percentage of motor full-load current give in Table 430.248, Table 430.249, and Table 430.250:

Motor full-load current 9 amperes or less	170%
Motor full-load current from 9.1 to, and including, 20 amperes	156%
Motor full-load current greater than 20 amperes	140%

If the motor current-interrupting device is separate from the motor and its control circuit is operated by a protective device integral with the motor, it shall be arranged so that the opening of the control circuit will result in interruption of current to the motor.

(3) Integral with Motor. A protective device integral with a motor that will protect the motor against damage due to failure to start shall be permitted if the motor is part of an approved assembly that does not normally subject the motor to overloads.

(4) Larger Than 1500 Horsepower. For motors larger than 1500 hp, a protective device having embedded temperature detectors that cause current to the motor to be interrupted when the motor attains a temperature rise greater than marked on the nameplate in an ambient temperature of 40°C.

(B) One Horsepower or Less, Automatically Started. Any motor of 1 hp or less that is started automatically shall be protected against overload by one of the following means.

(1) Separate Overload Device. By a separate overload device following the requirements of 430.32(A)(1).

For a multispeed motor, each winding connection shall be considered separately. Modification of this value shall be permitted as provided in 430.32(C).

(2) Thermal Protector. A thermal protector integral with the motor, approved for use with the motor that it protects on the basis that it will prevent dangerous overheating of the motor due to overload and failure to start. Where the motor current-interrupting device is separate from the motor and its control circuit is operated by a protective device integral with the motor, it shall be arranged so that the opening of the control circuit results in interruption of current to the motor.

(3) Integral with Motor. A protective device integral with a motor that protects the motor against damage due to failure to start shall be permitted (1) if the motor is part of an approved assembly that does not subject the motor to overloads, or (2) if the assembly is also equipped with other safety controls (such as the safety combustion controls on a domestic oil burner) that protect the motor against damage due to failure to start. Where the assembly has safety controls that protect the motor, it shall be so indicated on the nameplate of the assembly where it will be visible after installation.

(4) Impedance-Protected. If the impedance of the motor windings is sufficient to prevent overheating due to failure to start, the motor shall be permitted to be protected as specified in 430.32(D)(2)(a) for manually started motors if the motor is part of an approved assembly in which the motor will limit itself so that it will not be dangerously overheated.

FPN: Many ac motors of less than 1⁄50 hp, such as clock motors, series motors, and so forth, and also some larger motors such as torque motors, come within this classification. It does not include split-phase motors having automatic switches that disconnect the starting windings.

(C) Selection of Overload Device. Where the sensing element or setting or sizing of the overload device selected in accordance with 430.32(A)(1) and 430.32(B)(1) is not sufficient to start the motor or to carry the load, higher size sensing elements or incremental settings or sizing shall be permitted to be used, provided the trip current of the overload device does not exceed the following percentage of motor nameplate full-load current rating:

Motors with marked service factor 1.15 or greater	140%
Motors with a marked temperature rise 40°C or less	140%
All other motors	130%

If not shunted during the starting period of the motor as provided in 430.35, the overload device shall have sufficient time delay to permit the motor to start and accelerate its load.

FPN: A Class 20 or Class 30 overload relay will provide a longer motor acceleration time than a Class 10 or Class 20, respectively. Use of a higher class overload relay may preclude the need for selection of a higher trip current.

(D) One Horsepower or Less, Nonautomatically Started.

(1) Permanently Installed. Overload protection shall be in accordance with 430.32(B).

(2) Not Permanently Installed.

(a) *Within Sight from Controller.* Overload protection shall be permitted to be furnished by the branch-circuit short-circuit and ground-fault protective device; such device, however, shall not be larger than that specified in Part IV of Article 430.

Exception: Any such motor shall be permitted on a nominal 120-volt branch circuit protected at not over 20 amperes.

(b) *Not Within Sight from Controller.* Overload protection shall be in accordance with 430.32(B).

(E) Wound-Rotor Secondaries. The secondary circuits of wound-rotor ac motors, including conductors, controllers, resistors, and so forth, shall be permitted to be protected against overload by the motor-overload device.

ပုံ ၄၇.၉ ဇယား ၄၃၀.၃၂ ကို မော်တာများ၏ overload အရွယ်ပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။

Termination အပူချိန်

Conductor အရွယ်အစား သတ်မှတ်ရာတွင် နောက်ထပ် အရေးပါသော အချက်တစ်ခုမှာ အသုံးပြုမည့် ပစ္စည်းများ နှင့် terminal များတို့၏ အပူချိန်ဖြစ်ကာ ယင်းအား NEC Section 110.14 (C) တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်း section အရ ဆက်သွယ်ထားသော မည်သည့် termination မဆို၊ ဆက်သွယ်ထားသော မည်သည့် conductor မဆို သို့မဟုတ် ဆက်သွယ်ထားသော မည်သည့် ပစ္စည်းမဆိုတို့၏ အနိမ့်ဆုံး အပူချိန်ပမာဏ ထက်မကျော်လွန်စေရန် တွဲဆက်ရွေးချယ်ပေး ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ဆိုလိုသည်မှာ conductor ၏ အပူချိန် မည်မျှပင် ရှိနေစေကာမူ လျှပ်စီးပမာဏအား ရွေးချယ်ရာတွင် ကော်လံမှသာရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ကာ ယင်းတန်ဖိုးသည် termination ၏ အပူချိန်ပမာဏ ထက်ကျော်လွန်မှု မရှိစေရပါ။ ဇယား ၃၁၀.၁၆ ၏ ပထမကော်လံ တွင် စာရင်းပြုစုထားသော conductor များသည် temperature rating အားဖြင့် ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်ရှိကြကာ၊ ဒုတိယ ကော်လံမှ conductor များမှာမူ ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ရှိကြပြီး၊ တတိယကော်လံရှိ conductor များမှာမူ ၉၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ရှိကြပါသည်။ circuit breaker များ၊ ဖြစ်များ နှင့် terminal များတို့၏ temperature rating များအား UL (Underwriters Laboratory) ၏ directories များတွင် မကြာခဏ ဆိုသလို မြင်တွေ့နိုင်ကြပါသည်။ အချို့သော အခြေအနေတို့တွင် temperature rating အား ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းတို့၏ အပေါ်တွင် မြင်တွေ့နိုင်ကာ ယင်းသည် မဖြစ်မနေ ဖော်ပြပေးရမည်ဟု မဆိုလိုပဲ ချွင်းချက်မျှသာဖြစ်ပါသည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ပစ္စည်းအတော်များများ၏ temperature rating သည် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်ထက် ကျော်လွန်မှု မရှိပေ။

Termination temperature အား မသိခြင်း၊ စာရင်းပြုစုထားခြင်းမရှိသော် NEC Section 110.14 (C)(1)(a) တွင် ဖော်ပြထားသည်မှာ ၁၀၀ အမ်ပီယာနှင့် ယင်းပမာဏအောက် အမြင့်ဆုံးအသုံးပြုသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းများတွင်ဖြစ်စေ သို့မဟုတ် #14AWG မှ #1AWG အထိ conductor များတွင် ဂါယာ၏ လျှပ်စီးသယ်ဆောင်နိုင်သော ပမာဏသည် temperature rating အပေါ်တွင်မမူတည်ပဲ ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံမှသာ ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအချက်သည် ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင်ဖော်ပြစာရင်းပြုစုထားသော လျှပ်ကာအမျိုးအစားများကိုသာ အသုံးပြုနိုင်သည်ဟု မဆိုလိုသော်လည်း conductor အရွယ်အစားကိုမူ ၆၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပမာဏ များကိုသာ မလွဲမသွေ အသုံးချရပေမည်။ ယင်းသည် ၆၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံ တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်ကာအမျိုးအစားများကိုသာ အသုံးပြုရမည်ဟု မဆိုလိုပဲ ယင်း ၆၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား အသုံးပြုကာ conductor

အရွယ်အစားကို ရွေးချယ် သတ်မှတ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် copper conductor တစ်ခုတွင် XHHW အမျိုးအစား လျှပ်ကာပါရှိကာ ယင်းအား ၅၀ အမ်ပီယာ circuit breaker နှင့် ဆက်သွယ်ထားပြီး ယင်းတွင် စာရင်းပြုစု သတ်မှတ်ထားသော temperature rating မရှိပေ။ NEC ဇယား ၃၂၀.၁၆ အရ XHHW အမျိုးအစား လျှပ်ကာပါရှိသော #8 AWG copper conductor သည် လျှပ်စီးပမာဏ ၅၅ အမ်ပီယာကို သယ်ဆောင်စီးဆင်းနိုင်ပါသည်။ XHHW အမျိုးအစား လျှပ်ကာ သည် ၉၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ဇယားတွင် ရှိနေသော်လည်း ယင်းအတွက် အသုံး ပြုမည့် circuit breaker အတွက် temperature rating ကို မသိရှိရပေ။ ထို့ကြောင့် ဂါယာအရွယ်အစားအား ရွေးချယ်ရာတွင် ၆၀ ဒီဂရီ ကော်လံမှ လျှပ်စီးတန်ဖိုးများကိုသာ ရွေးချယ် သတ်မှတ်ရမည်ဖြစ်ပေသည်။ XHHW အမျိုးအစား လျှပ်ကာပါရှိသော #6 AWG copper conductor အား အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။

NEC Section 110.14 (C)(1)(a)(4) တွင် မော်တာများအတွက် အထူး ကြိုတင်စီစဉ်ထားသော NEMA ဒီဇိုင်းကုတ်B, C သို့မဟုတ် D ပါရှိပါသည်။ ယင်း section တွင် ၇၅ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် သို့မဟုတ် ယင်းထက်မြင့်မားသော အပူချိန်ရှိသည့် conductor များအတွက် လျှပ်စီးပမာဏ ၁၀၀ အမ်ပီယာ သို့မဟုတ် ယင်းအောက်နိမ့်ခဲ့ပါက ၇၅ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံမှ ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း code သည် nameplate အပေါ်တွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် အမှတ်အသား မပြုလုပ်ထားသော မော်တာများအတွက် အကျုံးမဝင်ပေ။ ၁၉၉၆ ခုနှစ် မတိုင်မီက ထုတ်လုပ်ထားခဲ့သော မော်တာအတော်များများတွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် ပါရှိခြင်း မရှိပေ။ NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် စာလုံးများအား ရှဥ့်လှောင်အိမ် rotor အသုံးပြုသော induction motor များတွင် သုံးစွဲဖော်ပြလေ့ရှိသော ကုတ် စာလုံးများနှင့် မရောထွေးသင့်ပါ။ အမ်ပီယာ ၁၀၀ ထက်ကျော်လွန်သော လျှပ်စီးပတ်လမ်းများ သို့မဟုတ် #1 AWG ထက်ကြီးသော conductor များအတွက် Section 110.14 (C)(1)(b) တွင် ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် temperature rating ရှိသော conductor များအား အသုံးပြုမည်ဟု ရွေးချယ်ခြင်းမပြုခဲ့ပါက ၇၅ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင် စာရင်းပြုစုဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပမာဏတို့အား ဂါယာအရွယ်အစား ရွေးချယ်ရာတွင် အသုံးပြုရမည်ဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် ၆၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင် TW နှင့် UF အမျိုးအစား လျှပ်ကာများအား စာရင်းပြုစုထားပါသည်။ ယင်းနှစ်မျိုးမှ တစ်မျိုးမျိုးအား ဖော်ပြထားခဲ့ပါက လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ လျှပ်စီးပမာဏ သတ်မှတ်ချက်အပေါ်တွင် မစဉ်းစားပဲ ဂါယာအရွယ်အစားအား သတ်မှတ် ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။

ဥပမာ

မြင်းကောင်ရေ ၃၀ အား တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor တစ်လုံးအား ၄၈၀ ဗို့ လိုင်းဗို့အားနှင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာ nameplate အပေါ်တွင် ဖော်ပြထားလေ့ရှိသော NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် မပါရှိပါ။ ပစ္စည်းများ၏ termination temperature rating ကိုလည်း မသိရှိပါ။ ယင်းမော်တာအား ဆက်သွယ်မှုပြုရာတွင် THWN လျှပ်ကာပါရှိသော copper conductor များကို အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။ မည့်မျှအရွယ်အစားရှိသည့် conductor ကို အသုံးပြုရမည်နည်း။

ပထမဦးဆုံးအနေဖြင့် မော်တာ၏ ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးမည့်မျှ ရှိသည်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးရပါမည်။ ယင်းအား ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ မှ ရရှိမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းဇယားတွင် မော်တာ၏ လျှပ်စီးသည် ၄၀ အမ်ပီယာဖြစ်သည်ကို ဖော်ပြထားပါသည်။ Section 430.22 (A) အရ ၂၅% တိုးမြှင့်ပေးရပါမည်။

၄၀ x ၁.၂၅ = ၅၀ အမ်ပီယာ

ဇယား ၃၁၀.၁၆ အား conductor အရွယ်အစားရွေးချယ်ရာတွင် အသုံးပြုပါမည်။ ဇယား၏ copper ပါသော section တွင် THWN လျှပ်ကာအတွက်နေရာကို ရှာဖွေပါ။ THWN သည် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင် ရှိနေပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် အမ်ပီယာ ၁၀၀ အောက်နိမ့်ပြီး termination temperature ကိုလည်း မသိသည့်အပြင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် စာလုံးလည်းမပါရှိသောကြောင့် conductor အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်ရာတွင် ၆၀ ဒီဂရီ ကော်လံမှ လျှပ်စီးပမာဏဖြင့်သာ ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ THWN လျှပ်ကာပါရှိသော #6 AWG copper conductor အား ရွေးချယ် အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။

ဝန်အားပို ပမာဏ

မော်တာတစ်လုံး၏ ဝန်အားပိုပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် NEC Section 430.6(A)(1) တွင် ဖော်ပြထားသော ဇယားများတွင် စာရင်းပြုစုထားသည့် လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား အသုံးပြုမည့်အစား nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးအား အသုံးပြုပါသည်။ မော်တာ၏ ဝန်အားပိုပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် Service Factor (SF) နှင့် အပူချိန်တိုးလာမှု (°C) စသည့်အချက်တို့အားလည်း ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာတစ်လုံး၏ အပူချိန်တိုးလာမှု ဆိုသည်မှာ ဝန်အားပြည့် အခြေအနေတွင် တိုးတက်လာသော အပူချိန်ပမာဏကို ရည်ညွှန်းကာ Section 110.14 (C) တွင်ဆွေးနွေးခဲ့သော termination temperature နှင့် မရောထွေးသင့်ပါ။ ပုံ ၄၇.၉ တွင်ဖော်ပြထားသော NEC Section 430.32 အား မြင်းကောင်ရေ ၁ ကောင် သို့မဟုတ် ယင်းထက်ပိုသော မော်တာများအတွက်

ဝန်အားပို ပမာဏ အား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ ဝန်အားပိုပမာဏအား မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ရာခိုင်နှုံးတစ်ခုအဖြစ် အခြေခံထားပါသည်။ မည်သို့သော အကြောင်းကြောင့်ဖြစ်စေ၊ ယင်းမော်တာ၏ ဝန်အားပိုပမာဏသည် မော်တာအား tripping out မဖြစ်စေပဲ စတင်မောင်းနှင်ရန် မဖြစ်နိုင်ခဲ့ပါက Section 430.32(C) အရ မော်တာ၏ ဝန်အားပိုစွမ်းဆောင်နိုင်သော ပမာဏအား ၁၄၀% အမြင့်ဆုံးသို့တိုးမြှင့်ရန် ခွင့်ပြုနိုင်ပါသည်။ အကယ်၍ ထိုသို့ မော်တာ၏ ဝန်အားပိုပမာဏ အား တိုးမြှင့်ခြင်းကြောင့် မော်တာ၏ စတင်မောင်းနှင်မှုပြဿနာအား မဖြေရှင်းပေးနိုင်ခဲ့ ပါက ဝန်အားပိုအား မော်တာစတင်မောင်းနှင်ချိန်အတွက် Section 430.35(A)&(B) အရအားလျော့စွာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ shunt သဘာဝဖြင့် ဖြုတ်ထုတ်ပြစ်ရပါမည်။

ဥပမာ

မြင်းကောင် ၂၅ ကောင်ရေအား တြီသွင် induction motor ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပမာဏသည် ၃၂ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။ ယင်း nameplate တွင် အပူချိန် တိုးမှုအား ၃၀ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ်ဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်းမော်တာ၏ ဝန်အားပို ဖြစ်စေမည့် လျှပ်စီးပမာဏ ကို ဖော်ပြပါ။

NEC Section 430.32 (A)(1) တွင် မော်တာ၏ ဝန်အားပိုပမာဏအား ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ၁၂၅% ရှိရမည်ဟု ဖော်ပြထားပါသည်။

၃၂ x ၁.၂၅ = ၄၀ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။

Locked Rotor Current အား သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ခြင်း

ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor တစ်လုံးအတွက် locked rotor current (စတင်မောင်းနှင်စဉ် လျှပ်စီး) အား ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက် ရရှိနိုင်သော အချက်အလက်များအပေါ်တွင်မူတည်ကာ အခြေခံနည်းလမ်း နှစ်ခုရှိပါသည်။ အကယ်၍ မော်တာ nameplate တွင် A မှ V အထိရှိသော ကုတ်စကားလုံးများအား ဖော်ပြစာရင်းပြုထားခဲ့ပါက ယင်းတို့သည် rotor ပြုလုပ်စဉ်က အသုံးပြုထားသော rotor bar အမျိုးအစားအား ရည်ညွှန်းပါသည်။ အသုံးပြုလိုသော လုပ်ဆောင်မှုသဘာဝ တို့အပေါ်တွင် မူတည်ကာ မတူကွဲပြားသော bar အမျိုးအစားတို့အား အသုံးပြုကြပါသည်။ ထိုသို့သော bar အမျိုးအစားသည် မော်တာအတွက် အမြင့်ဆုံး စတင်မောင်းနှင်စဉ်အချိန်တွင်ရှိမည့် လျှပ်စီးကို ဆုံးဖြတ်ပေးပါသည်။ ပုံ ၄၇.၁၀ တွင်ဖော်ပြထားသော NEC ဇယား 430.7 (B) တွင် ကုတ်စကားလုံး အမျိုးမျိုးအား ဖော်ပြထားကာ

မြင်းကောင်ရေ တစ်ကောင်အားပါဂါအတွက် locked rotor kilovolt-amperes မည်မျှရှိသည်ကို ဖော်ပြထားပါသည်။ မော်တာစတင်မောင်းနှင်စဉ်အချိန်တွင်ရှိမည့် လျှပ်စီးအား ယင်း kilovolt-ampere rating အား မြင်းကောင်ရေအားပါဂါဖြင့် မြှောက်ပြီးနောက် ယင်းမော်တာအတွက်အသုံးပြုသော ဗို့အားဖြင့် စားပေးရပါမည်။

Table 430.7(B) Locked-Rotor Indicating Code Letters

Code Letter	Kilovolt-Amperes per Horsepower with Locked Rotor
A	0–3.14
B	3.15–3.54
C	3.55–3.99
D	4.0–4.49
E	4.5–4.99
F	5.0–5.59
G	5.6–6.29
H	6.3–7.09
J	7.1–7.99
K	8.0–8.99
L	9.0–9.99
M	10.0–11.19
N	11.2–12.49
P	12.5–13.99
R	14.0–15.99
S	16.0–17.99
T	18.0–19.99
U	20.0–22.39
V	22.4 and up

ပုံ ၄၇.၁၀ ဇယား ၄၃၀.၇ (ခ) ကို အသုံးပြုကာ NEMA code letter မပါသော မော်တာများ အတွက် locked rotor current ကို ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။

ဥပမာ

မြင်းကောင်ရေ ၁၅ ကောင်အားရှိသော ကုတ်စကားလုံး K ပါရှိသော တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာတစ်လုံးအား ၂၄၀ ဗို့အားလိုင်းဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ locked rotor current အား ဆုံးဖြတ်ပေးပါ။

ဇယားတွင် မြင်းကောင်ရေ တစ်ကောင်အားပါဂါအတွက် ၈.၀ မှ ၈.၉၉ kilovolt-amperes ဟုဖော်ပြထားသည့်အပြင် ယင်းမော်တာတွင်လည်း ကုတ်စကားလုံး K ဟု ပါရှိထားပြီးဖြစ်ပါသည်။ ပျမ်းမျှတန်ဖိုးဖြစ်သော ၈.၅ အား အသုံးပြုပါမည်။

၈.၅ x ၁၅ = ၁၂၇.၅ kVA သို့မဟုတ် ၁၂၇ ၅၀၀ VA ဖြစ်ပါသည်။

$$\frac{127\ 500}{240\ x\ \sqrt{3}} = 306.7\ ampere$$

Locked rotor current အား ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်သော ဒုတိယနည်းမှာ NEMA ဒီဇိုင်းကုတ်များကိုသာ အသုံးပြုခဲ့ပါက ပုံ ၄၇.၁၁ တွင်ဖော်ပြထားသော ဇယား 430.251 (A)&(B) တို့အား အသုံးပြုခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ဇယား 430.251 (A) တွင် ကေသွင် မော်တာများအတွက် locked rotor current များအား စာရင်းပြုစုထားကာ ဇယား 430.251 (B) တွင်မူ phase များစွာပါသော မော်တာများအတွက် locked rotor current များအား စာရင်းပြုစုထားပါသည်။

Short circuit ဖြစ်ခြင်းမှ ကာကွယ်ခြင်း

Short-circuit ကာကွယ်မှုပြုပစ္စည်း၏ rating အား ပုံ ၄၇.၁၂ တွင်ပြသထားသော NEC Table 430.52 မှ ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။ ဘယ်ဘက်အစွန်ဆုံးကော်လံတွင် ကာကွယ်မှုပြုလိုသော မော်တာအမျိုးအစားများအား စာရင်းပြုစုထားပါသည်။ ယင်း၏ ညာဖက်ခြမ်းတွင် ကော်လံလေးခုရှိပြီး short circuit ဖြစ်ခြင်းမှ ကာကွယ်မည့်ပစ္စည်းအမျိုးမျိုးအား စာရင်းပြုစုထားကာ ယင်းတို့မှာ non-time delay ဖြစ်များ၊ dual-element time delay ဖြစ်များ၊ instantaneous trip circuit breaker များ နှင့် inverse time circuit breaker များတို့ဖြစ်ကြပါသည်။ non-time delay ဖြစ်များနှင့် instantaneous trip circuit breaker များတို့အား အသုံးပြုရန်အတွက် ခွင့်ပြုနိုင်သော်လည်း များသောအားဖြင့် မော်တာလျှပ်စီးပတ်လမ်းများအား ကာကွယ်မှုပြုရာတွင် dual-element time delay ဖြစ်များ သို့မဟုတ် inverse time circuit breaker များဖြင့် ကာကွယ်မှုပြုကြပါသည်။

Table 430.251(A) Conversion Table of Single-Phase Locked-Rotor Currents for Selection of Disconnecting Means and Controllers as Determined from Horsepower and Voltage Rating
For use only with 430.110, 440.12, 440.41, and 455.8(C).

Rated Horsepower	Maximum Locked-Rotor Current in Amperes, Single Phase		
	115 Volts	208 Volts	230 Volts
½	58.8	32.5	29.4
¾	82.8	45.8	41.4
1	96	53	48
1½	120	66	60
2	144	80	72
3	204	113	102
5	336	186	168
7½	480	265	240
10	600	332	300

Table 430.251(B) Conversion Table of Polyphase Design B, C, and D Maximum Locked-Rotor Currents for Selection of Disconnecting Means and Controllers as Determined from Horsepower and Voltage Rating and Design Letter
For use only with 430.110, 440.12, 440.41, and 455.8(C).

Rated Horsepower	Maximum Motor Locked-Rotor Current in Amperes, Two- and Three-Phase, Design B, C, and D*					
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts
	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D
½	40	23	22.1	20	10	8
¾	50	28.8	27.6	25	12.5	10
1	60	34.5	33	30	15	12
1½	80	46	44	40	20	16
2	100	57.5	55	50	25	20
3	—	73.6	71	64	32	25.6
5	—	105.8	102	92	46	36.8
7½	—	146	140	127	63.5	50.8
10	—	186.3	179	162	81	64.8
15	—	267	257	232	116	93
20	—	334	321	290	145	116
25	—	420	404	365	183	146
30	—	500	481	435	218	174
40	—	667	641	580	290	232
50	—	834	802	725	363	290
60	—	1001	962	870	435	348
75	—	1248	1200	1085	543	434
100	—	1668	1603	1450	725	580
125	—	2087	2007	1815	908	726
150	—	2496	2400	2170	1085	868
200	—	3335	3207	2900	1450	1160
250	—	—	—	—	1825	1460
300	—	—	—	—	2200	1760
350	—	—	—	—	2550	2040
400	—	—	—	—	2900	2320
450	—	—	—	—	3250	2600
500	—	—	—	—	3625	2900

*Design A motors are not limited to a maximum starting current or locked rotor current.

ပုံ ၄၇.၁၁ ဇယား ၄၃၀.၂၅၁ (က) နှင့် (ခ) တို့ကို NEMA code letter ပါရှိသော မော်တာများအတွက် lock rotor current ကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။

ကော်လံတစ်ခုစီသည် short-circuit ကာကွယ်မှုပြုပစ္စည်း၏ ampere-rating အား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုသည့် မော်တာလျှပ်စီးများအား ရာခိုင်နှုန်းဖြင့် စာရင်းပြုစုထားခြင်းဖြစ်ပါသည်။ သင့်လျော်ရာ ဇယားများတွင် စာရင်းပြုစုထားသော လျှပ်စီးတို့အား nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတို့အစား အသုံးပြုပါသည်။ NEC Section 430.52 (C)(1) တွင် ကာကွယ်မှုပြုပစ္စည်းသည် ဇယား ၄၃၀.၅၂ နှင့်လိုက်ဖက်စွာ တွက်ချက်ထားသော တန်ဖိုးထက်မကျော်လွန်သော rating သို့မဟုတ် setting တန်ဖိုး ရှိရမည်ဟု ဆိုထားပါသည်။ ယင်း section မှ ချွင်းချက် အမှတ် (၁) တွင် တွက်ချက်ရရှိလာသော တန်ဖိုးသည် စံသတ်မှတ်ထားသော ဖြစ် သို့မဟုတ် circuit breaker တို့၏ အရွယ်အစား သို့မဟုတ် rating တို့နှင့် လိုက်ဖက်ကိုက်ညီခြင်းမရှိခဲ့ပါက ယင်းထက် တစ်ဆင့်မြင့်သော စံသတ်မှတ်ထားသော

အရွယ်အစားကို ရွေးချယ် အသုံးပြုရမည်ဟု ဆိုထားပါသည်။ ပုံ ၄၇.၁၃ တွင်ပြထားသော NEC Section 240.6 တွင် စံသတ်မှတ်ထားသော ဖြုစ်များနှင့် circuit breaker များအား စာရင်းပြုစုထားပါသည်။

၁၉၉၆ ခုနှစ်မှ စတင်ကာ ဇယား ၄၃၀.၅၂ အား ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာ အမျိုးအစားများအတွက် ကုတ်စကားလုံးများအစား NEMA ဒီဇိုင်း စကားလုံးများအဖြစ် စာရင်းပြုစုထားခဲ့ပါသည်။ Section 430.7 (A)(9) အရ မော်တာ၏ nameplate တွင် ဒီဇိုင်းစကားလုံး B, C သို့မဟုတ် D တို့အား မှတ်သားထားပါသည်။ ထိုသို့သော လိုအပ်ချက်များ မပေါ်ပေါက်မီက မော်တာထုတ်လုပ်သူများသည် ဒီဇိုင်းစကားလုံးများအား nameplate အပေါ်တွင် မှတ်သားစာရင်းပြုမှုမရှိခဲ့ပေ။ များသောအားဖြင့် စက်ရုံအလုပ်ရုံများတွင် အသုံးပြုလျက်ရှိနေသော ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာတို့သည် အဆင့်သတ်မှတ်ချက်အားဖြင့် ဒီဇိုင်း B ရှိပြီး short circuit ကာကွယ်မှုပြုပစ္စည်းအား ရွေးချယ်ရာတွင် မည်သည့်အကြောင်းအရာမျှ ထပ်မံဖော်ပြခြင်းမရှိပါက ဒီဇိုင်း B အတွက်ဟုသာ သတ်မှတ်ယူဆပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။

ဥပမာ

မြင်းကောင်ရေ ၁၀၀ ကောင်အားရှိသော တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor တစ်လုံးအား ၂၄၀ ဗို့အားလိုင်းဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ ယင်းမော်တာတွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် ပါရှိခြင်းမရှိပေ။ duel element time delay ဖြုစ် တစ်လုံးအား short circuit ကာကွယ်မှုပြုလုပ်ရန်အတွက် အသုံးပြုထားပါသည်။ လိုအပ်မည့်အရွယ်အစားအား ဆုံးဖြတ်တွက်ချက်ပေးပါ။

ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် ယင်းမော်တာအတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးအား ၂၄၈ အမ်ပီယာဟု စာရင်းပြုစုထားရှိပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၅၂ တွင် dual-element time delay ဖြုစ်အား တွက်ချက်ရာတွင် phase များစွာ (တစ်ခုထက်ပိုသော) ပါသော အေစီ ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာတို့တွင် ဒီဇိုင်းကုတ် E မှလွဲ၍ ဝန်အားပြည့် လျှပ်စီး၏ ၁၇၅% ဖြင့် ယူဆတွက်ချက်ပေးရမည်ဟု ညွှန်ပြထားပါသည်။ ယင်းမော်တာအနေနှင့်လည်း NEMA ဒီဇိုင်းကုတ်အား nameplate အပေါ်တွင် ဖော်ပြထားသည်မရှိရာ ယင်းမော်တာအား ဒီဇိုင်း B ဟုသာ မှတ်ယူရတော့မည်ဖြစ်ပါသည်။

၂၄၈ x ၁.၇၅ = ၄၃၄ အမ်ပီယာ

ယင်းတွက်ချက် ရရှိသော တန်ဖိုးထက် အနီးဆုံး တစ်ဆင့်မြင့်သော စံသတ်မှတ်ထားသည့် ဖြုစ်အရွယ်အစားအား Section 240.6 တွင် ၄၅၀ အမ်ပီယာဟု စာရင်းပြုစုထားရှိသောကြောင့် ယင်း ၄၅၀ အမ်ပီယာ ဖြုစ်အား မော်တာအား ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် ရွေးချယ်ပါမည်။

အချို့သော အခြေအနေများကြောင့် ယင်း ဖြစ်သည် မပြတ်တောက်ပဲ မော်တာအား စတင်မောင်းနှင်နိုင်စေခြင်းမရှိခဲ့ပါက NEC Section 430.52 (C)(1) ချွင်းချက် ၂ (ဘီ) တွင် dual-element time delay ဖြစ်၏ rating အား ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ၂၂၅% အထိ အမြင့်ဆုံး တိုးမြှင့်နိုင်ပါသည်ဟု ဆိုထားပါသည်။

Table 430.52 Maximum Rating or Setting of Motor Branch-Circuit Short-Circuit and Ground-Fault Protective Devices

	Percentage of Full-Load Current			
Type of Motor	Nontime Delay Fuse[1]	Dual Element (Time-Delay) Fuse[1]	Instantaneous Trip Breaker	Inverse Time Breaker[2]
Single-phase motors	300	175	800	250
AC polyphase motors other than wound-rotor	300	175	800	250
Squirrel cage — other than Design B energy-efficient	300	175	800	250
Design B energy-efficient	300	175	1100	250
Synchronous[3]	300	175	800	250
Wound rotor	150	150	800	150
Direct current (constant voltage)	150	150	250	150

Note: For certain exceptions to the values specified, see 430.54.
[1]The values in the Nontime Delay Fuse column apply to Time-Delay Class CC fuses.
[2]The values given in the last column also cover the ratings of nonadjustable inverse time types of circuit breakers that may be modified as in 430.52(C)(1), Exception No. 1 and No. 2.
[3]Synchronous motors of the low-torque, low-speed type (usually 450 rpm or lower), such as are used to drive reciprocating compressors, pumps, and so forth, that start unloaded, do not require a fuse rating or circuit-breaker setting in excess of 200 percent of full-load current.

ပုံ ၄၇.၁၂ ဇယား ၄၃၀.၅၂ ကို မော်တာအတွက် short circuit ဖြစ်ခြင်းအား ကာကွယ်မှုပြုသည့် device ကိုရွေးချယ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။

240.6 Standard Ampere Ratings.

(A) Fuses and Fixed-Trip Circuit Breakers. The standard ampere ratings for fuses and inverse time circuit breakers shall be considered 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, and 6000 amperes. Additional standard ampere ratings for fuses shall be 1, 3, 6, 10, and 601. The use of fuses and inverse time circuit breakers with nonstandard ampere ratings shall be permitted.

(B) Adjustable-Trip Circuit Breakers. The rating of adjustable-trip circuit breakers having external means for adjusting the current setting (long-time pickup setting), not meeting the requirements of 240.6(C), shall be the maximum setting possible.

(C) Restricted Access Adjustable-Trip Circuit Breakers. A circuit breaker(s) that has restricted access to the adjusting means shall be permitted to have an ampere rating(s) that is equal to the adjusted current setting (long-time pickup setting). Restricted access shall be defined as located behind one of the following:

(1) Removable and sealable covers over the adjusting means
(2) Bolted equipment enclosure doors
(3) Locked doors accessible only to qualified personnel

ပုံ ၄၇.၁၃ Section 240.6 တွင် စံပြုထားသော fuse နှင့် circuit breaker အရွယ်အစားတို့အား စာရင်းပြုစုထားပါသည်။

Starter အရွယ်အစား သတ်မှတ်ခြင်း

မော်တာတစ်လုံးတပ်ဆင်ရာတွင် ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည့် နောက်အချက်တစ်ခုမှာ မော်တာမှ ပါဂါလိုင်းသို့ ချိတ်ဆက်ရာတွင်အသုံးပြုမည့် starter ၏ အရွယ်အစားအား ရွေးချယ်သတ်မှတ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ starter တို့၏ အရွယ်အစားများအား မော်တာအမျိုးအစား၊ မြင်းကောင်အရေအတွက် နှင့် ဆက်သွယ်သုံးစွဲမည့် ဗို့အားပမာဏတို့အပေါ်တွင် သတ်မှတ်ပါသည်။ အသုံးများသော နှုံးထားသတ်မှတ်မှုမှာ NEMA နှင့် IEC တို့ဖြစ်ကြပါသည်။ အေစီမော်တာများအတွက် အသုံးများသော NEMA မှ အရွယ်အစားသတ်မှတ်ထားသော starter များအားဖော်ပြထားသော ကားချပ်အား ပုံ ၄၇.၁၄ တွင် ပြသထားပါသည်။ အေစီမော်တာများ အတွက် IEC မှသတ်မှတ်ထားသော starter များအား ပုံ ၄၇.၁၅ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်း ကားချပ်တစ်ခုစီတွင် စာရင်းပြုစုထားသော မော်တာများအား ပါဂါလိုင်းသို့ချိတ်ဆက်သုံးစွဲမှုအတွက် ဒီဇိုင်းထုတ်ထားသော အသေးဆုံးအရွယ်အစား starter မှ စတင်ကာ စာရင်းပြုထားပါသည်။ ထိုသို့စာရင်းပြုစုထားသော starter အရွယ်အစားများထက် ကြီးမားသော အရွယ်အစားရှိသည့် starter

များအား သုံးစွဲလေ့မရှိကြပါ။ IEC အမျိုးအစား starter များတွင်မူ ယင်းတို့၏ load contact အရွယ်အစားသည် သေးငယ်ခြင်းကြောင့် ယင်းအချက်သည် မှန်ကန်နေတတ်ပေသည်။

Motor Starter Sizes and Ratings

NEMA Size	Load Volts	Maximum Horsepower Rating—Nonplugging and Nonjogging Duty		NEMA Size	Load Volts	Maximum Horsepower Rating—Nonplugging and Nonjogging Duty	
		Single Phase	Poly Phase			Single Phase	Poly Phase
00	115	½	. . .	3	115	7½	. . .
	200	. . .	1½		200	. . .	25
	230	1	1½		230	15	30
	380	. . .	1½		380	. . .	50
	460	. . .	2		460	. . .	50
	575	. . .	2		575	. . .	50
0	115	1	. . .	4	200	. . .	40
	200	. . .	3		230	. . .	50
	230	2	3		380	. . .	75
	380	. . .	5		460	. . .	100
	460	. . .	5		575	. . .	100
	575	. . .	5				
1	115	2	. . .	5	200	. . .	75
	200	. . .	7½		230	. . .	100
	230	3	7½		380	. . .	150
	380	. . .	10		460	. . .	200
	460	. . .	10		575	. . .	200
	575	. . .	10				
*1P	115	3	. . .	6	200	. . .	150
	230	5	. . .		230	. . .	200
					380	. . .	300
					460	. . .	400
					575	. . .	400
2	115	3	. . .	7	230	. . .	300
	200	. . .	10		460	. . .	600
	230	7½	15		575	. . .	600
	380	. . .	25	8	230	. . .	450
	460	. . .	25		460	. . .	900
	575	. . .	25		575	. . .	900

Tables are taken from NEMA Standards.
*1¾, 10 hp is available.

ပုံ ၄၇.၁၄ NEMA မှ သတ်မှတ်ထားသော Starter အရွယ်အစားများ

I.E.C. MOTOR STARTERS (60 Hz)

SIZE	MAX AMPS	MOTOR VOLTAGE	MAX. HORSEPOWER	
			1 θ	3 θ
A	7	115	1/4	
		200		1 1/2
		230	1/2	1 1/2
		460		3
		575		5
B	10	115	1/2	
		200		2
		230	1	2
		460		5
		575		7 1/2
C	12	115	1/2	
		200		3
		230	2	3
		460		7 1/2
		575		10
D	18	115	1	
		200		5
		230	3	5
		460		10
		575		15
E	25	115	2	
		200		5
		230	3	7 1/2
		460		15
		575		20
F	32	115	2	
		200		7 1/2
		230	5	10
		460		20
		575		25
G	37	115	3	
		200		7 1/2
		230	5	10
		460		25
		575		30
H	44	115	3	
		200		10
		230	7 1/2	15
		460		30
		575		40
J	60	115	5	
		200		15
		230	10	20
		460		40
		575		40
K	73	115	5	
		200		20
		230	10	25
		460		50
		575		50
L	85	115	7 1/2	
		200		25
		230	10	30
		460		60
		575		75
M	105	115	10	
		200		30
		230	10	40
		460		75
		575		100
N	140	115	10	
		200		40
		230	10	50
		460		100
		575		125
P	170	115		
		200		50
		230		60
		460		125
		575		125
R	200	115		
		200		60
		230		75
		460		150
		575		150
S	300	115		
		200		75
		230		100
		460		200
		575		200
T	420	115		
		200		125
		230		125
		460		250
		575		250
U	520	115		
		200		150
		230		150
		460		350
		575		250
V	550	115		
		200		150
		230		200
		460		400
		575		400
W	700	115		
		200		200
		230		250
		460		500
		575		500
X	810	115		
		200		250
		230		300
		460		600
		575		600
Z	1215	115		
		200		450
		230		450
		460		900
		575		900

ပုံ ၄၇.၁၅ IEC motor starter များအား အရွယ်အစား၊ မြင်းကောင်ရေ နှင့် ၆၀ ဟာ့ဇ်

လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ဗို့အားတို့ဖြင့် သတ်မှတ်ပေးနိုင်ပါသည်။

ဥပမာ

မြင်းကောင်ရေ ၄၀ အားရှိသော တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ်မော်တာတစ်လုံးအား ၂၀၈ ဗို့ ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ NEMA နှင့် IEC starter အသေးအရွယ်အစားများကို ရွေးချယ်ပြီးနောက် မည်သည့် starter အား အသုံးပြုကာ မော်တာနှင့် ပါဝါလိုင်းအား ချိတ်ဆက်ပေးသင့်ပါသနည်း။

NEMA: ၂၀၈ ဗို့ဟု နှုံးထားသတ်မှတ်ထားသော မော်တာအား စာရင်းပြုစုထားသော ၂၀၀ ဗို့ကိုသာ အသုံးပြုပါမည်။ ၂၀၀ ဗို့အားနှင့် သက်ဆိုင်သော NEMA မှ အရွယ်အစား သတ်မှတ်ထားသော starter အရွယ်အစားနှင့် မြင်းကောင်ရေ ၄၀ အား နေရာချထားကြည့်ပါမည်။ မော်တာသည် တြီသွင်မော်တာ ဖြစ်ကာ မြင်းကောင်ရေ မှာလည်း ၄၀ ဖြစ်ခြင်းကြောင့် phase များစွာပါသော မော်တာ ကော်လံတွင် ရှိနေပေမည်။ ယင်းမော်တာအတွက် NEMA size 4 သည် အနိမ့်ဆုံးအရွယ်အစားဖြစ်ပါသည်။

IEC: NEMA ကားချပ်ကဲ့သို့ပင် IEC ကားချပ်တွင်လည်း ၂၀၈ ဗို့အစား ၂၀၀ ဗို့ဟုသာ စာရင်းပြုစုထား ပါသည်။ ၂၀၀ ဗို့နှင့် မြင်းကောင်ရေ ၄၀ အား မော်တာအတွက် တြီသွင်မော်တာ ကော်လံတွင် ဖော်ပြထားသော size N starter ကို ရွေးချယ်ပါမည်။

ဥပမာ ပုစ္ဆာများ

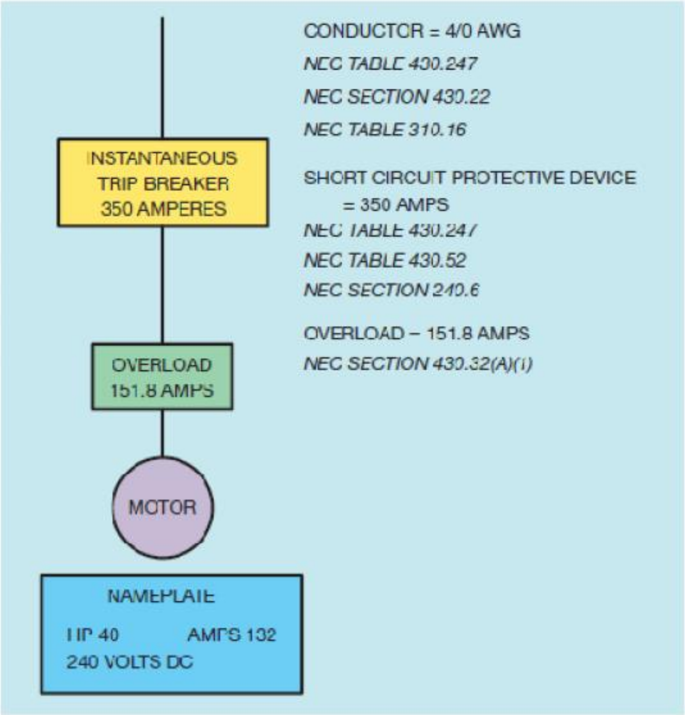
ဥပမာ ၁

၂၄၀ ဗို့၊ မြင်းကောင်ရေ ၄၀ အား ဒီစီမော်တာတစ်လုံး၏ nameplate တွင် current rating အား ၁၃၂ အမ်ပီယာဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ conductor များသည် copper conductor များဖြစ်ကြကာ insulation မှာ TW အမျိုးအစားဖြစ်ပါသည်။ short circuit ကိုကာကွယ်မှုပြုရန်အသုံးပြုသော ပစ္စည်းမှာ instantaneous trip circuit breaker ဖြစ်ပါသည်။ ဆက်စပ်လျှက်ရှိသော ပစ္စည်းများအတွက် termination temperature ကိုလည်း မသိရှိပါ။ ယင်းမော်တာ တပ်ဆင်မှုအတွက် conductor အရွယ်အစား၊ ဝန်အားပိုပမာဏ နှင့် circuit breaker အရွယ်အစားတို့အား သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ပေးပါ။ ပုံ ၄၇.၁၆ အား ရည်ညွှန်းပါ။

Conductor အရွယ်အစားအား ဇယား ၄၃၀.၂၄၇ တွင် ပြသစာရင်းပြုစုထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးမှ ဆုံးဖြတ်နိုင်ပါသည်။ ယင်းတန်ဖိုးအား ၂၅% တိုးမြှင့်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ (မှတ်သားရန်မှာ - ၁.၂၅ ဖြင့် မြှောက်ခြင်းသည် ၀.၂၅ ဖြင့်မြှောက်ပြီးနောက် ယင်းရလဒ်အား မူလတန်ဖိုးတွင် ပြန်လည်ပေါင်းထည့်ခြင်း ပင်ဖြစ်ပါသည်။ (၁၄၀ x ၀.၂၅ = ၃၅) ၃၅ + ၁၄၀ = ၁၇၅ အမ်ပီယာ)

၁၄၀ x ၁.၂၅ = ၁၇၅ အမ်ပီယာ

ဇယား ၃၁၀.၁၆ အား conductor အရွယ်အစားအား သတ်မှတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ Section 110.14 (C) တွင် အမ်ပီယာ ၁၀၀ သို့မဟုတ် ယင်းထက်ကျော်လွန်ပါက conductor ၏ လျှပ်စီးပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရာတွင် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်ကော်လံမှသာ ဆုံးဖြတ်ရမည်ဟု ဆိုထားသော်လည်း ယခုအခြေအနေတွင် လျှပ်ကာ အမျိုးအစားသည် ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင် ကျရောက်နေပါသည်။ ထို့ကြောင့် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံအစား ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံကိုသာ အသုံးပြုရတော့မည်ဖြစ်ပါသည်။ TW လျှပ်ကာပါရှိသော 4/0 AWG copper conductor ကို ရွေးချယ်ပါမည်။



ပုံ ၄၇.၁၆ ဥပမာ ပုစ္ဆာ#၁

ဝန်အားပို ပမာဏအား ဆုံးဖြတ်ရွေးချယ်ရာတွင် NEC Section 430.32 (A)(1) အား အသုံးပြုရွေးချယ်ပါမည်။ မော်တာ၏ nameplate တွင် မည်သည့် service factor သို့မဟုတ် အပူချိန်တိုးမြင့်နှုန်း အစရှိသည်တို့အား ဖော်ပြမထားသည့်အတွက် "ALL OTHER MOTORS" ဆိုသော ခေါင်းစဉ်ကိုသာ အသုံးပြုပါမည်။ မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးအား ၁၅% တိုးမြှင့်လိုက်ပါသည်။

၁၃၂ x ၁.၁၅ = ၁၅၁.၈ အမ်ပီယာ

Circuit breaker အရွယ်အစားအား သတ်မှတ်ရာတွင် ဇယား ၄၃၀.၅၂ အား အသုံးပြုပါမည်။ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား အသုံးပြုမည့်အစား ဇယား ၄၃၀.၂၄၇ တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား အသုံးပြုပါမည်။ ဒီစီမော်တာ အောက်တွင် (တသမတ်ဖို့အား) instantaneous trip circuit breaker ၏ rating အား ၂၅၀% ဟု ဖော်ပြထားရာ ..

၁၄၀ x ၂.၅၀ = ၃၅၀ အမ်ပီယာ

ယင်း ၃၅၀ အမ်ပီယာ တန်ဖိုးသည် NEC Section 240.6 တွင်ဖော်ပြထားသော စံသတ်မှတ်ထားသော circuit breaker အရွယ်အစားဖြစ်ခြင်းကြောင့် ယင်း အရွယ်အစားရှိသော circuit breaker ကိုပင် short circuit ကာကွယ်မှုပြုရာတွင် အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။

ဥပမာ ၂

မြင်းကောင်ရေ ၁၅၀ အားရှိသော တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction မော်တာတစ်လုံးအား ၄၄၀ဗို့ ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာ၏ nameplate တွင် အောက်ပါ အချက်အလက်များအား ပေးထားပါသည်။

အမ်ပီယာ ၁၇၅ SF ၁.၂၅ Code D NEMA code B

THHN လျှပ်ကာပါရှိသော copper conductor များအား အလိုရှိပါသည်။ short-circuit ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် inverse time circuit breaker ကို အသုံးပြုပါမည်။ termination temperature ကို မသိရှိပါ။ conductor အရွယ်အစား၊ ဝန်အားပို ပမာဏ၊ circuit breaker အရွယ်အစား၊ အသေးငယ်ဆုံး NEMA starter အရွယ်အစား နှင့် IEC starter တို့အား သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ပေးပါ။ ပုံ ၄၇.၁၇ အား မှီငြမ်းကိုးကားပါ။

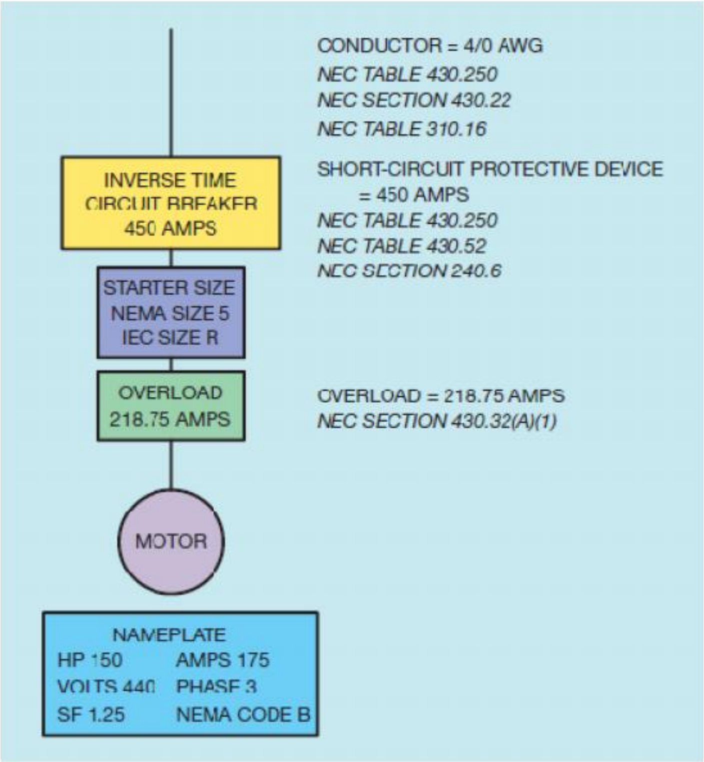
Conductor အရွယ်အစားအား သတ်မှတ်ရာတွင် ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးအား ၂၅% တိုးယူပါ။

၁၈၀ x ၁.၂၅ = ၂၂၅ အမ်ပီယာ

ဇယား ၃၁၀.၁၆ အား conductor အရွယ်အစား သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ရာတွင် အသုံးပြုပါမည်။

THHN အမျိုးအစား လျှပ်ကာသည် ၉၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံတွင် ပါရှိပါသည်။ မော်တာ၏ nameplate တွင် NEMA code B ဟု ဖော်ပြထားသည့်အတွက် အမ်ပီယာ ပမာဏသည် ၁၀၀

ထက်ကျော်မည်ဖြစ်သောကြောင့် ၇၅ ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ် ကော်လံကို ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ အသုံးပြုမည့် conductor အရွယ်အစားမှာ 4/0 AWG ဖြစ်ပါသည်။



ပုံ ၄၇.၁၇ ဥပမာ ပုစ္ဆာ#၂

ဝန်အားပိုပမာဏအား nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးနှင့် NEC Section 430.32 (A)(1) တို့ဖြင့် ဆုံးဖြတ်ပါမည်။ မော်တာတွင် service factor မှာ ၁.၂၅ ဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ မော်တာ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသောလျှပ်စီး ပမာဏ အား ၂၅% တိုးယူပါမည်။

၁၇၅ x ၁.၂၅ = ၂၁၈.၇၅ အမ်ပီယာ ဖြစ်ပါသည်။

ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ နှင့် ၄၃၀.၅၂ တို့အား အသုံးပြုကာ circuit breaker အရွယ်အစားအား ဆုံးဖြတ်ပေးပါမည်။ ဇယား ၄၃၀.၅၂ သည် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် B ပါရှိသော ရှဥ့်လှောင်အိမ် မော်တာများအတွက် ၂၅၀% ဆတိုးကိန်းကို ရည်ညွှန်းပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် စာရင်းပြုစုထားသော တန်ဖိုးများအား ၂၅၀% တိုးလိုက်သော် …

၁၈၀ x ၂.၅၀ = ၄၅၀ အမ်ပီယာ

NEC Section 240.6 တွင်ဖော်ပြထားသော စံသတ်မှတ်ထားသည့် circuit breaker အရွယ်အစားများမှ တစ်ခုသည် ၄၅၀ အမ်ပီယာအတွက်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း ၄၅၀ အမ်ပီယာရှိသော inverse time circuit breaker အား အသုံးပြုကာ short circuit ဖြစ်ခြင်းအား ကာကွယ်မှုပြုပါမည်။
အသုံးပြုရန် သင့်လျော်သော starter အရွယ်အစားအား ပုံ ၄၇.၁၄ နှင့် ၄၇.၁၅ တို့တွင် ပြသထားသော NEMA နှင့် IEC ကားချပ်များမှ တစ်ဆင့် ရွေးချယ်ပါမည်။ NEMA starter အနိမ့်ဆုံးအရွယ်အစားမှာ ၅ ဖြစ်ပြီး IEC starter အသေးဆုံးမှာမူ R ဖြစ်ပါသည်။

မော်တာများစွာအတွက် တွက်ချက်မှု

ပင်မ ဓါတ်အား ပို့လွှတ်သော feeder အတွက် short-circuit ဖြစ်ခြင်းမှ ကာကွယ်မှုပြုနိုင်ရန် ပစ္စည်းများ နှင့် မော်တာများစွာတို့အား ဆက်သွယ်အသုံးပြုနိုင်ရန် conductor အရွယ်အစားများတို့အား NEC Section 430.62(A) နှင့် 430.24 တို့အရ တွက်ချက်နိုင်ပါသည်။ ယခုဥပမာတွင် မော်တာသုံးလုံးအတွက် ပင်မ feeder တစ်ခုဖြင့် ဆက်သွယ်အသုံးပြုပါမည်။ ယင်း feeder သည် ၄၈၀ဗို့ တြီသွင် ဖြစ်ကာ THHN လျှပ်ကာအမျိုးအစားကို အသုံးပြုထားသော copper conductor ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာတစ်လုံးစီအား duel-element time delay ဖြစ်နှင့် သီးခြား overload device တစ်ခုစီအားဖြင့် ကာကွယ်မှုပြုမည် ဖြစ်ပါသည်။ ပင်မ feeder အားလည်း duel-element time delay ဖြစ်ကိုအသုံးပြုကာ ကာကွယ်မှုပြုပါ မည်။ ဆက်စပ်လျှက်ရှိသော ပစ္စည်းများအတွက် termination temperature ကိုမသိရှိပါ။ မော်တာ၏ nameplate များအား အောက်ပါအတိုင်း မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။

Motor #1

Phase	3	HP	20
SF	1.25	NEMA code	C
Volts	480	Amperes	23
Type	Induction		

Motor #2

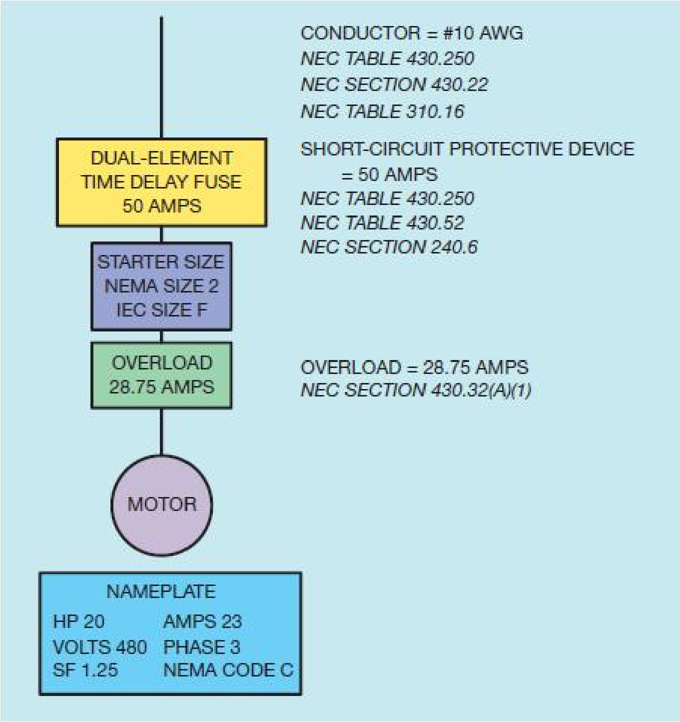
Phase	3	HP	60
Temp.	40°C	Code	J
Volts	480	Amperes	72
Type	Induction		

Motor #3

Phase	3	HP	100
Code	A	Volts	480
Amperes	96	PF	90%
Type	Synchronous		

မော်တာ#၁ အတွက် တွက်ချက်မှု

ပထမအချက်အနေဖြင့် မော်တာတစ်လုံးစီ၏ မော်တာအမ်ပီယာပမာဏ၊ conductor အရွယ်အစား၊ ဝန်အားပိုပမာဏ၊ short-circuit ကာကွယ်မှုပြုမည့် အရွယ်အစားနှင့် starter အရွယ်အစား တို့အား တွက်ချက်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ NEMA နှင့် IEC starter အရွယ်အစားများအား ဆုံးဖြတ်ပေးရပါမည်။ ပုံ ၄၇.၁၈ တွင် motor#1 အတွက် တန်ဖိုးများအား ပြသထားပါသည်။



ပုံ ၄၇.၁၈ မော်တာ #၁ အတွက် တွက်ချက်မှု

ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် ဖော်ပြထားသော အမ်ပီယာပမာဏ များအား အသုံးပြု၍ conductor နှင့် ဖြစ် တို့၏ အရွယ်အစားအား ဆုံးဖြတ် တွက်ချက်ပေးနိုင်ပါသည်။ အမ်ပီယာပမာဏအား ၂၅% တိုးမြှင့်ပေးခြင်း အားဖြင့် conductor အရွယ်အစားအား ဆုံးဖြတ်ပေးနိုင်ပါသည်။

၂၇ x ၁.၂၅ = ၃၃.၇၅ အမ်ပီယာ

Conductor အရွယ်အစားအား ဇယား ၃၁၀.၁၆ မှ ရွေးချယ်ပါမည်။ THHN လျှပ်ကာသည် ၉၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ဇယားတွင် ရှိနေသော်လည်း conductor အရွယ်အစားအား ရွေးချယ်ရာတွင် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံမှသာ ရွေးချယ်မည်ဖြစ်ပါသည်။ အမ်ပီယာ ပမာဏသည် ၁၀၀ အောက်နည်းပါး

သော်လည်း NEC Section 110.14(C) (1) (d) အရ မော်တာတွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် ပါရှိပါက conductor ရွေးချယ်မှုအတွက် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံမှ ရွေးချယ်နိုင်ပါသည်။

၃၃.၇၅ အမ်ပီယာ = #10 AWG

ဂန်အားပိုအရွယ်အစားအား nameplate အပေါ်တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးမှ တွက်ချက်ရယူနိုင်ပါသည်။ Section 430.32 (A)(1) တွင် ဖော်ပြထားသော demand factor များအား အသုံးပြုကာ ဂန်အားပို ပမာဏ အား တွက်ချက်ယူပါမည်။

၂၃ x ၁.၂၅ = ၂၈.၇၅ အမ်ပီယာ

ဖြစ်အရွယ်အစားအား ရွေးချယ်ရာတွင် ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် စာရင်းပြုစုထားသော မော်တာလျှပ်စီး တန်ဘိုးများအား အသုံးပြုကာ ဇယား ၄၃၀.၅၂ တွင် ဖော်ပြထားသော demand factor တို့အား အသုံးပြုရပါမည်။ ဒီဇိုင်းကုတ် C ပါရှိသော ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာတစ်လုံးအား dual-element time delay ဖြစ်အသုံးပြုကာ ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ရာခိုင်နှုန်းအား ၁၇၅% ဟု စာရင်းပြုစုထားရှိပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် စာရင်းပြုစုထားသော လျှပ်စီးအား ၁၇၅% တိုးမြှင့်ပေးရပါမည်။

၂၇ x ၁.၇၅ = ၄၇.၂၅ အမ်ပီယာ

Section 240.6 တွင် စာရင်းပြုစုထားသော အနီးစပ်ဆုံး စံသတ်မှတ်ထားသော ဖြစ်အရွယ်အစားသည် ၅၀ အမ်ပီယာဖြစ်ကာ ယင်း ၅၀ အမ်ပီယာဖြစ်ကိုပင် အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။

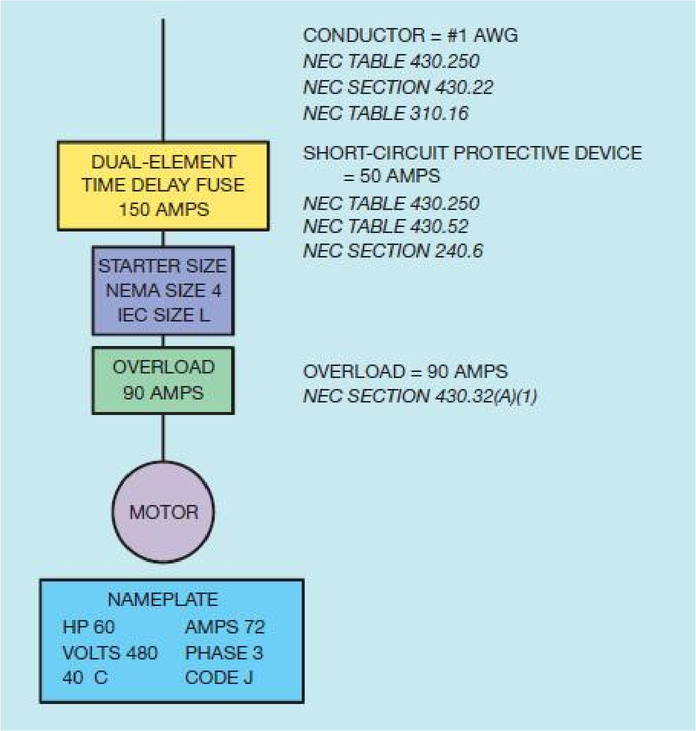
Starter အရွယ်အစားတို့အား ပုံ ၄၇.၁၄ နှင့် ၄၇.၁၅ တို့တွင် ပြသထားသော NEMA နှင့် IEC ကားချပ်များမှ ရွေးချယ် ဆုံးဖြတ်ပေးရပါမည်။ ၄၈၀ဗို့အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ဆက်သွယ်ထားသော မြင်းကောင်ရေ ၂၀ အား မော်တာတစ်လုံးအတွက် NEMA size 2 starter နှင့် IEC size F starter တို့ လိုအပ်ပါသည်။

မော်တာ#၂ အတွက် တွက်ချက်မှု

ပုံ ၄၇.၁၉ တွင် မော်တာ#၂ အတွက် ဥပမာပေး တွက်ချက်မှုအား ပြသထားပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် စာရင်းပြုစုထားသော ယင်းမော်တာအတွက် ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီးမှာ ၇၇ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီး တန်ဖိုးအား ၂၅% တိုးမြှင့်ကာ conductor လျှပ်စီးတွက်ချက်ရာတွင် အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပါသည်။

၇၇ x ၁.၂၅ = ၉၆.၂၅ အမ်ပီယာ

ဇယား ၃၁၀.၁၆ တွင် #1 AWG အား ယင်းမော်တာအား ဆက်သွယ်မည့် conductor အဖြစ်အသုံးပြုသင့်သည်ဟု ဆိုထားပါသည်။ conductor အရွယ်အစားအား ရွေးချယ်ရာတွင် ယင်းမော်တာ၏ NEMA ဒီဇိုင်းကုတ်အားလည်း nameplate တွင် ဖော်ပြထားခြင်းမရှိပဲ လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ အမ်ပီယာတန်ဖိုးမှာလည်း ၁၀၀ အမ်ပီယာအောက်နိမ့်နေသည့်အတွက် Section 110.14 (C) အရ ၆၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံမှသာ ရွေးချယ်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ (ဒီဇိုင်းကုတ် J သည် rotor တည်ဆောက်ရာတွင် အသုံးပြုသော bar အမျိုးအစားအား ရည်ညွှန်းပါသည်။)



ပုံ ၄၇.၁၉ မော်တာ #၂ အတွက် တွက်ချက်မှု

ဝန်အားပိုအရွယ်အစားအား Section 430.32 (A)(1) အရ ဆုံးဖြတ်ပါမည်။ မော်တာ၏ nameplate တွင် အပူချိန်တိုးမှုအား ၄၀ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ်ဟု ဆိုထားပါသည်။ ယင်း nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးအား ၂၅% တိုးမြှင့်ယူပါမည်။

၇၂ x ၁.၂၅ = ၉၀ အမ်ပီယာ

ဖြစ် အရွယ်အစားအား ဇယား ၄၃၀.၅၂ အား အသုံးပြုကာ ဆုံးဖြတ်ယူပါမည်။ ဒီဇိုင်းကုတ် E မှအပ အခြားသော ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာများအတွက် ဇယားတွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးအား ၁၇၅% တိုးမြှင့်ယူပါမည်။

၇၇ x ၁.၇၅ = ၁၃၄.၂၅ အမ်ပီယာ

Section 240.6 တွင်ဖော်ပြ စာရင်းပြုထားသော ဖြစ်အရွယ်အစားတို့မှ အနီးစပ်ဆုံးသည် ၁၅၀ အမ်ပီယာဖြစ်သည့်အတွက် ယင်း ၁၅၀ အမ်ပီယာဖြစ်အား ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် အသုံးပြုပါမည်။

Starter အရွယ်အစားများကိုမူ NEMA နှင့် IEC starter ကားချပ်များမှ ရွေးချယ်ပါမည်။ ယင်းမော်တာအတွက် NEMA size 4 starter သို့မဟုတ် IEC size L starter တို့အား ရွေးချယ်ပါမည်။

မော်တာ#၃ အတွက် တွက်ချက်မှု

မော်တာ#၃ သည် synchronous motor ဖြစ်ကာ ပါဂါဖက်တာ ၉၀% ဖြင့်မောင်းနှင်အသုံးပြုနိုင်ရန် ရည်ရွယ်ပါသည်။ ပုံ ၄၇.၂၀ တွင် ဥပမာပေးတွက်ချက်မှုကို ပြသထားပါသည်။ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ ၏ အောက်ခြေတွင်ဖော်ပြထားသော မှတ်ချက်သည် စာရင်းပြုစုထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးတို့အား synchronous motor များအတွက် ပါဂါဖက်တာ ၉၀% ဖြင့် မောင်းနှင်အသုံးပြုလိုပါက ၁၀% တိုးမြှင့်ရန် ညွှန်ပြထားပါသည်။

၁၀၁ x ၁.၁၀ = ၁၁၁ အမ်ပီယာ

Conductor အရွယ်အစားအား တွက်ချက်ရာတွင် ယင်းလျှပ်စီးတန်ဖိုးအား အသုံးပြုပြီးနောက် ၂၅% တိုးမြှင့်ပေးရပါမည်။

၁၁၁ x ၁.၂၅ = ၁၃၈.၇၅ အမ်ပီယာ

ဇယား ၃၁၀.၁၆ တွင် ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် #1/0 AWG အရွယ်အစားရှိသော conductor အား အသုံးပြုရန်အတွက် ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် လျှပ်စီးတန်ဖိုးသည် ၁၀၀ အမ်ပီယာထက်ကျော်လွန်သည့်အတွက် conductor အရွယ်အစားအား ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံမှ ရွေးချယ်ပါမည်။

မော်တာတွင် service factor သို့မဟုတ် အပူချိန်တိုးမှု တို့အား မှတ်သားဖော်ပြထားခြင်းမရှိပေ။ ဝန်အားပို အရွယ်အစားအား Section 430.32 (A)(1) ရှိ “all other motors” ခေါင်းစဉ်အောက်တွင် ညွှန်ကြားထားသည့်အတိုင်း nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးအား ၁၅% တိုးမြှင့်ယူပါမည်။

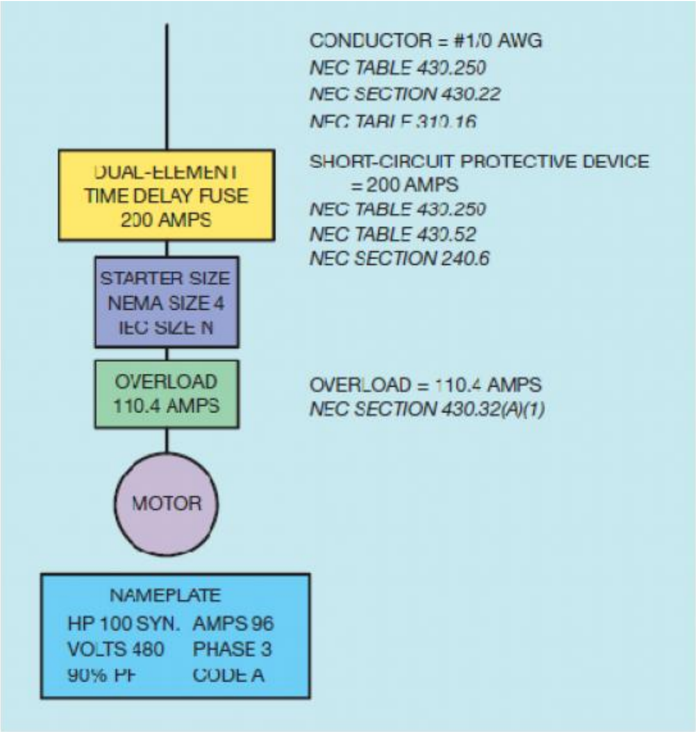
၉၆ x ၁.၁၅ = ၁၁၀.၄ အမ်ပီယာ

ဖြစ်အရွယ်အစားအား ဇယား ၄၃၀.၅၂ တွင်ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း ဆုံးဖြတ်တွက်ချက်ယူပါမည်။ synchronous motor တစ်လုံးအတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ရာခိုင်နှုန်းအား ၁၇၅% ဟု ယူဆပါမည်။

၁၁၁ x ၁၇၅ = ၁၉၄.၂၅ အမ်ပီယာ

Section 240.6 တွင် စာရင်းပြုစုထားသည်တို့မှ စံသတ်မှတ်ထားသည့်အနီးဆုံး ဖြစ်အရွယ်အစားသည် ၂၀၀ အမ်ပီယာဖြစ်သည့်အတွက် ယင်း ၂၀၀ အမ်ပီယာဖြစ်ကိုပင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် အသုံးပြုပါမည်။

ပုံ ၄၇.၁၄ နှင့် ၄၇.၁၅ တို့တွင် ဖော်ပြထားသော ကားချပ်များအား အသုံးပြုကာ NEMA နှင့် IEC starter အရွယ်အစားတို့အား ရွေးချယ်ပါမည်။ ယင်းမော်တာအတွက် NEMA size 4 starter နှင့် IEC size N starter တို့ လိုအပ်ပါသည်။



ပုံ ၄၇.၂၀ မော်တာ #၃ အတွက် တွက်ချက်မှု

ပင်မ ဓါတ်အားပို့လွှတ် Feeder အားတွက်ချက်မှု

ပုံ ၄၇.၂၁ တွင် ပင်မ feeder ဆက်သွယ်မှုအတွက် ဥပမာတစ်ခုအား ပြသထားပါသည်။ conductor အရွယ်အစားအား တွက်ချက်မှုအတွက် NEC Section 430.24 အရ ယင်း feeder နှင့် ဆက်သွယ်အသုံးပြုမည့် အကြီးဆုံးသော မော်တာ၏ လျှပ်စီးပမာဏအား ၂၅% တိုးပြီးနောက်

အခြားလက်ကျန်မော်တာများတို့၏ လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား ပေါင်းထည့်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယခု ဥပမာတွင် မြင်းကောင်ရေ ၁၀၀ အားရှိသော synchronous motor သည် အကြီးဆုံးအသုံးပြု မောင်းနှင်မည့်မော်တာဖြစ်ပါသည်။ ယင်း၏ လျှပ်စီးတန်ဖိုးအား ၂၅% တိုးပြီးနောက် အခြားသော အတူယှဉ်တွဲသုံးစွဲမည့် မော်တာများ၏ ဇယား ၄၃၀.၂၅၀ တွင် ဖော်ပြထားသည့် လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား ပေါင်းထည့်ပါမည်။

၁၁၁ x ၁.၂၅ = ၁၃၈.၇၅ အမ်ပီယာ

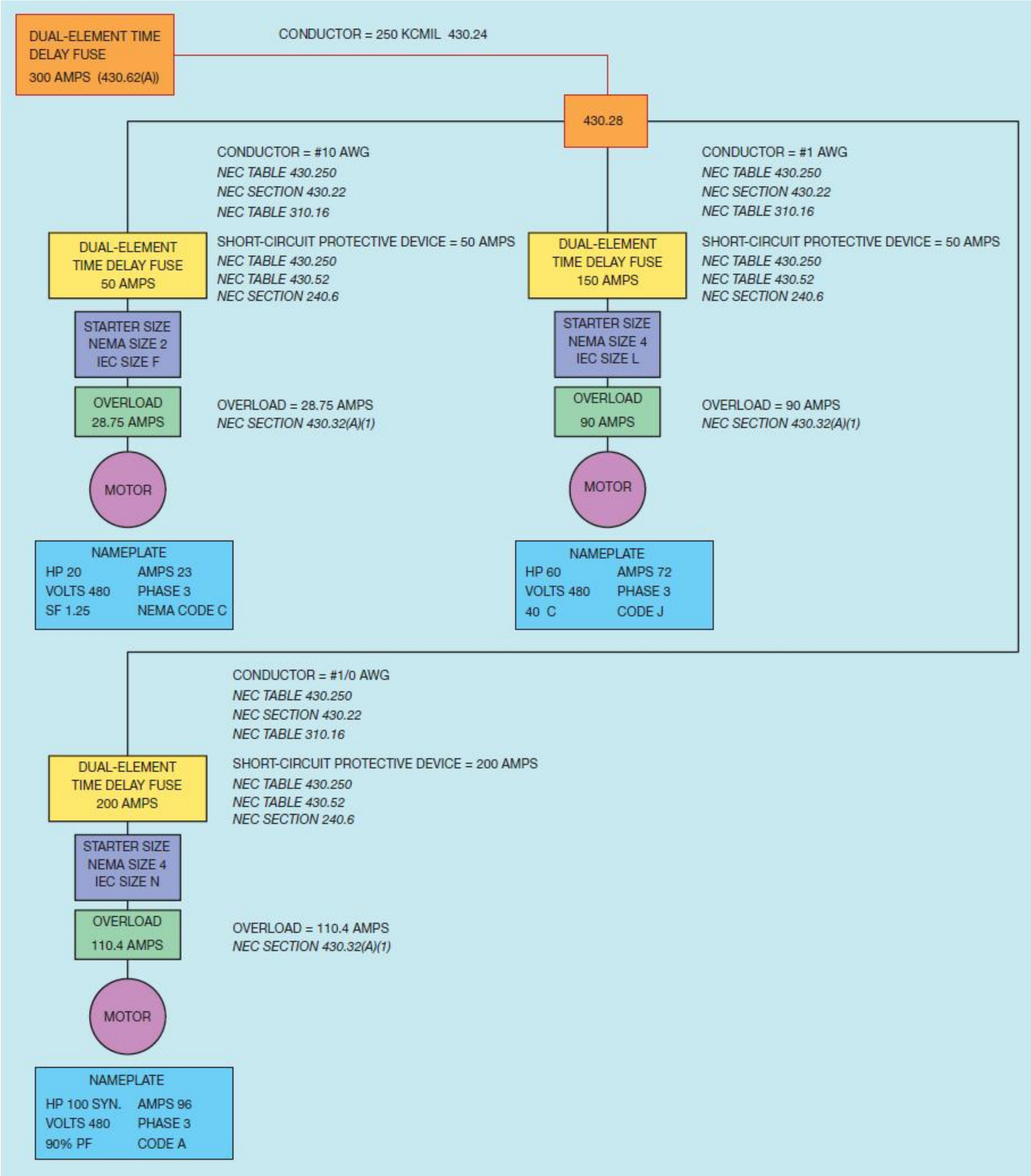
၁၃၈.၇၅ + ၇၇ + ၂၇ = ၂၄၂.၇၅ အမ်ပီယာ

ဇယား ၃၁၀.၁၆ အရ ယင်း ပင်မ feeder အတွက် 250KCmil copper conductor အား ရွေးချယ်အသုံးပြုပါမည်။ conductor များအား ရွေးချယ်ရာတွင် ၇၅ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ် ကော်လံမှသာ ရွေးချယ်ပါမည်။

Short-circuit ကာကွယ်မှုပြုမည့် ပစ္စည်းများအတွက် အရွယ်အစားသတ်မှတ်မှုအား Section 430.62 (A) အရ ဆုံးဖြတ်ယူပါမည်။ code တွင်ဖော်ပြထားသည်မှာ short-circuit ကာကွယ်မှုပြုပစ္စည်း၏ rating သို့မဟုတ် setting သည် ယင်း feeder မှ ဓါတ်အားပို့လွှတ်သော မည်သည့်မော်တာမဆိုအတွက် အကြီးဆုံးသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းခွဲ၏ short-circuit နှင့် ground fault ဖြစ်ခြင်းတို့မှ ကာကွယ်မှုပြုပစ္စည်းတို့၏ အမြင့်ဆုံးသော rating သို့မဟုတ် setting တန်ဖိုးတို့တွင် ယင်း feeder တွင် ဆက်သွယ်ထားသော အခြားသော မော်တာတို့၏ ဝန်အားပြည့် မောင်းနှင်သုံးစွဲသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးတို့အား ပေါင်းထည့်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယခု ဥပမာအတွက် အကြီးဆုံးဖြစ်အရွယ်အစားသည် မြင်းကောင်ရေ ၁၀၀ အား synchronous motor အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း မော်တာအတွက် တွက်ချက်ရရှိထားသော ဖြစ်အရွယ်အစားသည် ၂၀၀ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။ အခြားသော မော်တာနှစ်လုံးအတွက် မောင်းနှင်အသုံးပြုသော လျှပ်စီးများအား ယင်း ၂၀၀ အမ်ပီယာ တွင် ပေါင်းထည့်ခြင်းအားဖြင့် ပင်မ ဓါတ်အားပို့လွှတ်သော feeder အတွက် ဖြစ်အရွယ်အစားအား ဆုံးဖြတ်ပေးပါမည်။

၂၀၀ + ၇၇ + ၂၇ = ၃၀၄ အမ်ပီယာ

Section 240.6 တွင် စာရင်းပြုစုထားသော ဖြစ်အရွယ်အစားတို့မှ စံသတ်မှတ်ထားသော ၃၀၄ အမ်ပီယာထက်မကျော်လွန်သော အနီးစပ်ဆုံးတန်ဖိုးမှာ ၃၀၀ အမ်ပီယာဖြစ်ခြင်းကြောင့် ယင်း ၃၀၀ အမ်ပီယာ ဖြစ်အား အသုံးပြုကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ကာကွယ်မှုပြုပါမည်။



ပုံ ၄၇.၂၁ ပင်မ feeder အတွက် တွက်ချက်မှု

အောက်ပါ ပုစ္ဆာများအား အလေ့အကျင့်ရရှိစေရန်အတွက် လေ့ကျင့်တွက်ချက်ကြည့်သင့်ပါသည်။

၁။ မြင်းကောင်ရေ ၂၀ အား ဒီစီမော်တာတစ်လုံးအား ၅၀၀ ဗို့ ဒီစီ ဓါတ်အားလိုင်းတွင် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ ယင်းမော်တာအား မောင်းနှင်နေစဉ် ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီးအား မည်မျှနည်း။

၂။ မြင်းကောင်ရေ ¾ ရှိသော ဧကသွင် ရှဥ့်လှောင်အိမ် မော်တာအား ၂၄၀ဗို့ အေစီလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ ယင်းအတွက် ဂန်အားပြည့် လျှပ်စီးပမာဏ မည်မျှဖြစ်ကာ ယင်းအတွက် NEMA နှင့် IEC starter အရွယ်အစားတို့အတွက် အနိမ့်ဆုံးအရွယ်အစား မည်မျှနည်း။

၃။ မြင်းကောင်ရေ ၃၀ ကောင် အားရှိသော ဒွိသွင် မော်တာတစ်လုံးအား ၂၃၀ဗို့ အေစီလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ phase conductor တို့၏ လျှပ်စီးပမာဏ နှင့် neutral အတွင်းစီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးပမာဏ မည်မျှနည်း။

၄။ မြင်းကောင်ရေ ၁၂၅ ကောင်အား ရှိသော synchronous motor တစ်လုံးအား တြိသွင် ၂၃၀ ဗို့ အေစီပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာအား ၈၀% ပါဝါဖက်တာဖြင့် မောင်းနှင်နိုင်ရန် ရည်ရွယ်ထားပါသည်။ မော်တာ၏ ဂန်အားပြည့်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိမည့် လျှပ်စီးပမာဏ အဘယ်မျှနည်း။ ယင်းမော်တာအား ပါဝါလိုင်းနှင့်ဆက်သွယ်မှုပြုရာတွင် အသုံးပြုရမည့် အနိမ့်ဆုံး NEMA နှင့် IEC starter အရွယ်အစားကိုလည်း တွက်ချက်ပေးပါ။

၅။ မြင်းကောင်ရေ ၅၀ အား တြိသွင် မော်တာတစ်လုံးအား ၅၆၀ ဗို့အားလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်ပြီး ဂန်အားပြည့် မောင်းနှင်အသုံးပြုစဉ်တွင်ရှိမည့် လျှပ်စီးပမာဏ အဘယ်မျှနည်း။ NEMA နှင့် IEC starter များအား အသုံးပြုကာ ယင်းမော်တာအား ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်မည်ဆိုပါက အနိမ့်ဆုံး starter အရွယ်အစားကို တွက်ချက်ပေးပါ။

၆။ မြင်းကောင်ရေ ၁၂၅ ကောင်အား တြိသွင်၊ ရှဥ့်လှောင်အိမ် induction motor အား ၅၆၀ ဗို့အား ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးသည် ၁၁၅ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။ ယင်းတွင် မှတ်သားထားသော အပူချိန်နှုန်းမှာ ၄၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်ဖြစ်ပြီး ကုတ်စကားလုံး J ပါရှိပါသည်။ conductor များသည် THHN လျှပ်ကာပါရှိသော copper conductor ဖြစ်ကာ ယင်းတို့အား conduit အတွင်း ထည့်သွင်း ပြေးဆွဲထားပါသည်။ dual-element time delay ဖြစ်အား အသုံးပြုကာ short-circuit ကာကွယ်မှုပြုပါမည်။ conductor အရွယ်အစား၊ ဂန်အားပို ပမာဏ၊ ဖြစ်အရွယ်အစား၊ အနိမ့်ဆုံး NEMA နှင့် IEC starter တို့အား တွက်ချက်ပေးပြီးနောက်

ယင်းမော်တာစတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိမည့် အနိမ့်၊ အမြင့် လျှပ်စီးအပိုင်းအခြားကိုလည်းတွက်ချက်ရှာဖွေပေးပါ။

၇။ မြင်းကောင်ရေ ၇.၅ ကောင်အား ကေသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor တစ်လုံးသည် ၁၂၀ ဗို့ အေစီပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာတွင် ကုတ်စကားလုံး H ပါရှိပါသည်။ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးသည် ၇၆ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။ conductor များသည် TW လျှပ်ကာပါရှိသော copper conductor များဖြစ်ပါသည်။ short-circuit ဖြစ်မှုအား non-time delay ဖြစ်အား အသုံးပြုကာ ကာကွယ်မှုပြုပါမည်။ conductor အရွယ်အစား၊ ဝန်အားပို ပမာဏ၊ ဖြစ်အရွယ် အစား၊ အနိမ့်ဆုံး NEMA နှင့် IEC starter တို့အား တွက်ချက်ပေးပြီးနောက် ယင်းမော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိမည့် အနိမ့်၊ အမြင့် လျှပ်စီးအပိုင်းအခြားကိုလည်း တွက်ချက်ရှာဖွေပေးပါ။

၈။ မြင်းကောင်ရေ ၇၅ ကောင်အား ရှိသော synchronous motor တစ်လုံးအား တြီသွင် ၂၃၀ ဗို့ အေစီပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာအား ၈၀% ပါဝါဖက်တာဖြင့် မောင်းနှင်နိုင်ရန် ရည်ရွယ်ထားပါသည်။ မော်တာ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးမှာ ၁၈၅ အမ်ပီယာဖြစ်ကာ၊ အပူချိန်နှုန်းမှာ ၄၀ ဒီဂရီစင်တီဂရိတ်ဖြစ်ပြီး ကုတ်စကားလုံး A ပါရှိပါသည်။ conductor များအား copper ဖြင့်ပြုလုပ်ထားကာ THHN လျှပ်ကာပါရှိပါသည်။ short-circuit ဖြစ်မှုအား inverse time circuit breaker အသုံးပြုကာ ကာကွယ်မှုပြုပါမည်။ conductor အရွယ်အစား၊ ဝန်အားပို ပမာဏ၊ ဖြစ်အရွယ်အစား၊ အနိမ့်ဆုံး NEMA နှင့် IEC starter တို့အား တွက်ချက်ပေးပြီးနောက် ယင်းမော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ်တွင် ရှိမည့် အနိမ့်၊ အမြင့် လျှပ်စီးအပိုင်းအခြားကိုလည်း တွက်ချက်ရှာဖွေပေးပါ။

၉။ မော်တာသုံးလုံးအား branch တစ်ခုတည်းသာပါရှိသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာများအား တြီသွင် ၄၈၀ ဗို့ ပါဝါလိုင်းဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါသည်။ မော်တာ#၁ သည် မြင်းကောင်ရေ ၅၀ အားရှိသော induction motor ဖြစ်ကာ ယင်းတွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ်စကားလုံး B ပါရှိပါသည်။ မော်တာ#၂ သည် မြင်းကောင်ရေ ၄၀ ရှိကာ ဒီဇိုင်းကုတ်စကားလုံး H ပါရှိပြီး မော်တာ#၃ မှာမူ မြင်းကောင်ရေ ၅၀ အားရှိပြီး ဒီဇိုင်းကုတ်စကားလုံး C ပါရှိပါသည်။ ယင်းမော်တာသုံးလုံးအား လျှပ်စစ်ဓါတ်အားပေးပို့မည့် branch လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် conductor အရွယ်အစားအား တွက်ချက်ပေးပါ။ conductor များသည် copper conductor များဖြစ်ကာ THWN-2 လျှပ်ကာပါရှိမည်ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာများအား short-circuit ကာကွယ်မှုပြုရန်အတွက် inverse time circuit breaker အား အသုံးပြုပါမည်။ မည်သည့်အရွယ်အစားရှိသည့် circuit breaker များအား အသုံးပြုသင့်ပါသနည်း။

၁၀။ မြင်းကောင်ရေ ၅ ကောင်အားရှိကာ NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် B ပါရှိသော တြီသွင် မော်တာ ၅ လုံးတို့အား ၂၄၀ ဗို့ ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ conductor များသည် copper conductor များဖြစ်ကာ ယင်းတို့တွင် THWN လျှပ်ကာ ပါရှိပါသည်။ ယင်းမော်တာအားလုံးအား လျှပ်စစ်ဓါတ်အားပေးပို့နိုင်ရန် မည်သည့်အရွယ်အစားရှိသည့် conductor အား အသုံးပြုသင့်ပါသနည်း။ ယင်း မော်တာများအား dual-element time delay ဖြူစ်များအား အသုံးပြုကာ short-circuit ဖြစ်ခြင်းမှ အကာအကွယ်ပြုလုပ်မည်ဆိုပါက မည်သည့်အရွယ်အစားရှိသည့်ဖြူစ်များအား အသုံးပြုရမည်နည်း။

၁၁။ မြင်းကောင်ရေ ၇၅ ကောင်အား တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor အား ၄၈၀ ဗို့ ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာတွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် D ပါရှိပါသည်။ ယင်းမော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ် တွင် ရှိမည့်လျှပ်စီးကို တွက်ချက်ပေးပါ။

၁၂။ မြင်းကောင်ရေ ၂၀ ကောင်အား တြီသွင် ရှဉ့်လှောင်အိမ် induction motor အား ၂၀၈ ဗို့ ပါဝါလိုင်းဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။ မော်တာတွင် NEMA ဒီဇိုင်းကုတ် B ပါရှိပါသည်။ ယင်းမော်တာ စတင်မောင်းနှင်စဉ် တွင် ရှိမည့်လျှပ်စီးကို တွက်ချက်ပေးပါ။

အခန်း ၄၈

Control လျှပ်စီးပတ်လမ်းများအား ဖန်တီးမှုပြုခြင်း

မော်တာ control လျှပ်စီးပတ်လမ်းများအား တစ်စုံတစ်ရာသော လိုအပ်ချက်များအတွက် ဖန်တီးရန် လိုအပ်သော အချိန်များ ရှိလာတတ်ပါသည်။ မော်တာ control လျှပ်စီးပတ်လမ်း တစ်ခုအား ဒီဇိုင်းထုတ်မှု ဆိုသည့် အတွေးသည် မဖြစ်နိုင်သောအရာဟု ထင်ရသော်လည်း လက်တွေ့ကျကျ ကျိုးကြောင်း မှန်ကန်စွာ လုပ်ဆောင်ပြီးနောက်တွင် တွေးထင်ထားသလောက် မခက်ခဲတော့ပေ။ မော်တာ control လျှပ်စီးပတ်လမ်း အား ဒီဇိုင်းထုတ်ရန်အတွက် အကောင်းဆုံးနည်းမှာ တစ်ချိန်တွင် လိုအပ်ချက်တစ်ခုကိုသာ ဖြေရှင်းသည့် နည်းလမ်းဖြစ်ပါသည်။ အပိုင်းတစ်ခု ကောင်းမွန်စွာ လုပ်ဆောင်နိုင်ပြီဆိုသည်နှင့် နောက်ထပ်လိုအပ်ချက် အား ထပ်မံလုပ်ဆောင်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ တစ်ခုသော အချိန်က လူတစ်ယောက်အား "ဆင်တစ်ကောင် အား မည်သို့ စားသောက်မည်နည်း" ဟုမေးမြန်းခဲ့ရာ သူက "တစ်ချိန်မှာ တစ်ကိုက်ပဲစားမှာပေါ့" ဟု ဖြေကြားခဲ့ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ဒီဇိုင်းထုတ်သည်မှာလည်း ထို့နည်းအတူပင်ဖြစ်ပါသည်။ လိုအပ်ချက်မှန်သမျှအား တစ်ချိန်တည်းနှင့် အားလုံးပြည့်စုံစေရန် မကြိုးစားသင့်ပေ။

အောက်တွင် ဆက်လက်ဖော်ပြမည့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းများတွင် control လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား တစ်ဆင့်ပြီး တစ်ဆင့် မည်သို့ ဖန်တီးသည်ကို ဖော်ပြပေးမည်ဖြစ်ပါသည်။ ပုံပြရှင်းလင်းချက် တစ်ခုစီတွင် ဖန်တီး တည်ဆောက်လိုသော အကြောင်းအရာနှင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် လိုအပ်ချက်များအား ရှင်းလင်းပြသ ပေးမည်ဖြစ်ပါသည်။

Control လျှပ်စီးပတ်လမ်းများအား ဖန်တီးတည်ဆောက်ယူခြင်း

လျှပ်စီးပတ်လမ်း#၁။ ပန့်နှစ်ခု အတွက်မော်တာများ

အိမ်ယာဖွံ့ဖြိုးရေးလုပ်ငန်းတစ်ခုတွင် ရေဖြန့်ဝေရာတွင် ဗဟိုရေလှောင်ကန်အား အသုံးပြုကာ ဖြန့်ဝေမှုပြုပါ သည်။ ရေလှောင်ကန်အတွင်း ရေပြည့်သည့်အခါတွင် ဖိအားတစ်ခုအား ရရှိစေပါသည်။ ယင်းရေလှောင်

ကန် အား သီးခြားရေတွင်းနှစ်ခုမှ ရေကိုဖြည့်မည်ဖြစ်ကာ ယင်းရေတွင်းတစ်ခုစီတွင် သီးခြား ရေတွန်းပန့်များ ပါရှိပါသည်။ ရေတွင်းတစ်ခုစီမှ ရေကို ညီတူညီမျှ ရယူလိုပါသော်လည်း ယင်း ပန့်နှစ်ခုစလုံးတို့အား တစ်ချိန်တည်းတွင် မောင်းနှင်သုံးစွဲမှု မပြုလိုပေ။ ပန့်များအား တလှည့်စီ မောင်းနှင်လုပ်ကိုင်နိုင်စေရန် အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား တည်ဆောက်လိုပါသည်။ အလိုအလျောက် control လုပ်ခြင်းအား အစားထိုးလုပ်ကိုင်နိုင်စေရန် သီးခြား switch တစ်ခုအား တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြင့် ပန့်တစ်ခု ပျက်စီးသည့်အခါ တွင် ပန့်တစ်ခုခုသည် ကောင်းမွန်စွာ လုပ်ဆောင်နိုင်ပေမည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်း အတွက် လိုအပ်ချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။

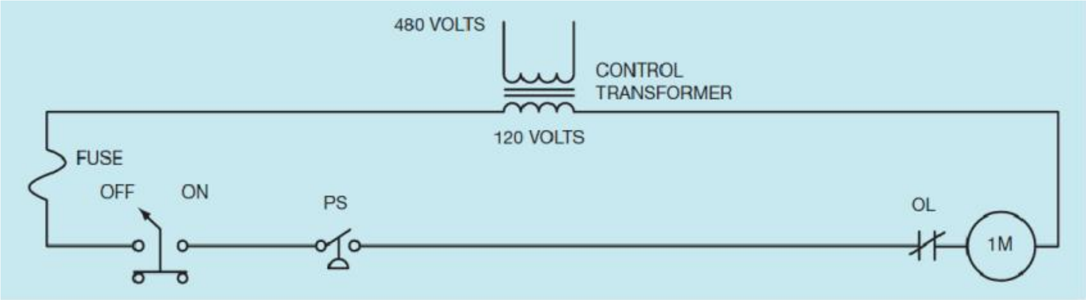
၁။ ပန့်မော်တာများသည် တြိဖ္တင် ၄၈၀ ဗို့ ဓါတ်အား စံနစ်ကို အသုံးပြုကာ မောင်းနှင်ကြသော်လည်း control လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှာမူ ၁၂၀ ဗို့အား ဖြင့်သာ လုပ်ဆောင်ပေမည်။

၂။ ပန့်မော်တာတစ်လုံးစီတွင် သီးခြား ဝန်အားပိုကာကွယ်မှုပြုသည့် ပစ္စည်းတစ်ခုစီပါရှိပါသည်။ ပန့်တစ်ခု ဝန်အားပိုခြင်းဖြစ်သွားပါက ဒုတိယပန့်တစ်ခု လုပ်ဆောင်ခြင်းအား အတားအဆီးမဖြစ်တော့ပေ။

၃။ လူအားဖြင့် အဖွင့် အပိတ်လုပ်နိုင်သော switch ကိုအသုံးပြုကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ပါဝါပေး ပို့ပါမည်။

၄။ ရေလှောင်ကန်၏ အထက်တွင် တပ်ဆင်ထားသော pressure switch အားဖြင့် ပန့်မော်တာများ၏ လုပ်ဆောင်မှုအား control လုပ်ပါမည်။ ရေလှောင်ကန်အတွင်းရှိ ဖိအားသည် တစ်စုံတစ်ရာသော အဆင့်အထိ လျော့ကျသွားခဲ့ပါက ပန့်နှစ်လုံးမှ တစ်လုံးသည် စတင်မောင်းနှင်ပေမည်။ ရေလှောင်ကန်အတွင်း ရေပြည့်ပါက pressure switch သည် pump အား turn off လုပ်ပေမည်။ ရေလှောင်ကန်အတွင်းရှိ ဖိအားသည် အခြေအနေတစ်ခုအထိ ထပ်မံ နိမ့်ကျသွားပါက အခြားသော ပန့်တစ်လုံးသည် စတင်မောင်းနှင် ကာ pressure switch အလုပ်လုပ်နိုင်သော အခြေအနေတစ်ခုအထိ မောင်းနှင်ပေမည်။ အချိန်တိုင်းတွင် ဖိအားသည် လုံလောက်သော အခြေအနေတစ်ခုအထိ နိမ့်ကျသွားခဲ့ပါက ပန့်မော်တာတစ်လုံးစီအား အလဲအလှယ်ဖြင့် အသုံးပြုမောင်းနှင်ပေမည်။

၅။ override switch အား အသုံးပြုကာ ပန့်တစ်ခုခုကိုဖြစ်စေ၊ သို့မဟုတ် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား အလိုအလျောက် မောင်းနှင်စေရန်အတွက်ဖြစ်စေ ပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။

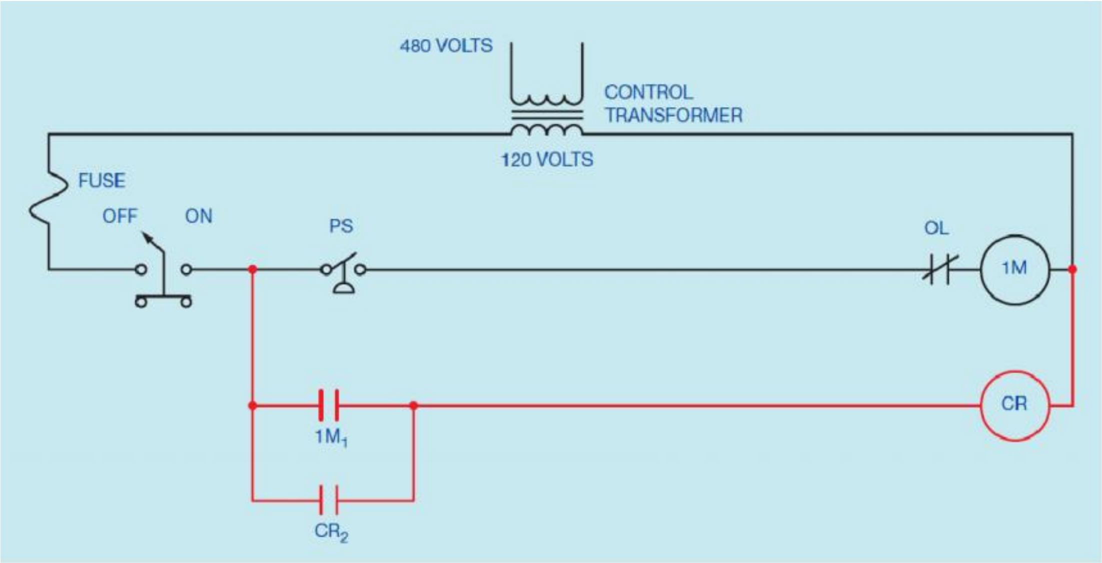


ပုံ ၄၈.၁ pressure switch အားဖြင့် pump#၁ ကို စတင်မောင်းနှင်ပုံ

Control လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ဖန်တီးပြုလုပ်ရာတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား မည်သို့လုပ်ဆောင်လိုသည်ဆိုသော logic အား အလျင်ဦးစွာ တစ်ဆင့်ချင်းစီ ဖန်တီးကာ မိမိအလိုရှိသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအဆင့်သို့ ရောက်သည့်တိုင်အောင်ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်း ပထမအဆင့်အား ပုံ ၄၈.၁ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်းအဆင့်တွင် control transformer အား အသုံးပြုကာ ၄၈၀ ဗို့အား supply လိုင်းဗို့အားကို control လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် အသုံးပြုလိုသော ၁၂၀ ဗို့အား ပမာဏ ရရှိစေရန် လျှော့ချလိုက်ပါသည်။ ဖြစ်တစ်လုံးအား အသုံးပြုကာ control ဂါယာဆက်သွယ်မှုအား short-circuit ဖြစ်ခြင်းမှ ကာကွယ်မှုပြုပါသည်။ လူအားဖြင့် ON-OFF လုပ်ဆောင်ပေးနိုင်သော switch အား အသုံးပြုခြင်းအားဖြင့် လျှပ်စစ်ဓါတ်အား ပေးပို့သော power source မှ control လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ဖြတ်တောက်ပေးနိုင်ပါသည်။ ဖိအား လျော့ကျသွားချိန်တွင် pressure switch သည် close လုပ်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် normally closed လုပ်နေသော အနေအထား ဖြင့် ဆက်သွယ်ထားပါလိမ့်မည်။ ယင်းသည် normally closed held open ဖြစ်နေသော switch တစ်ခုဖြစ်ပါသည်။ normally closed ဖြစ်နေသော overload contact တစ်စုံအား coil 1M နှင့် တန်းဆက်ဆက်သွယ်ထားကာ ပန့်မော်တာ #၁ ၏ motor starter အား operate လုပ်ပေးမည်ဖြစ်ပါ သည်။

ယင်းအပိုင်းအတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းလုပ်ဆောင်မှုအား နားလည်နိုင်စေရန် manual power switch အား ON အနေအထားတွင် ထားရှိပါ။ ရေလှောင်ကန်အတွင်း ဖိအားလုံလုံလောက်လောက် ကျဆင်းပါက pressure switch ဖြစ်သော PS သည် close ဖြစ်သွားကာ coil 1M အား energize ဖြစ်စေပြီးနောက် ပန့်#၁ အား စတင်မောင်းနှင်ပါမည်။ ရေလှောင်ကန် ရေပြည့်လာသည်နှင့် ဖိအားလည်း တိုးတက်လာပါမည်။ ယင်း ဖိအား လုံလုံလောက်လောက် တိုးလာသောအခါတွင် pressure switch သည် open

ဖြစ်သွားပြီးနောက် coil 1M အား ဖြတ်တောက်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် ပန့်#၁ ၏ လုပ်ဆောင်မှုအား ရပ်တန့်စေပါသည်။

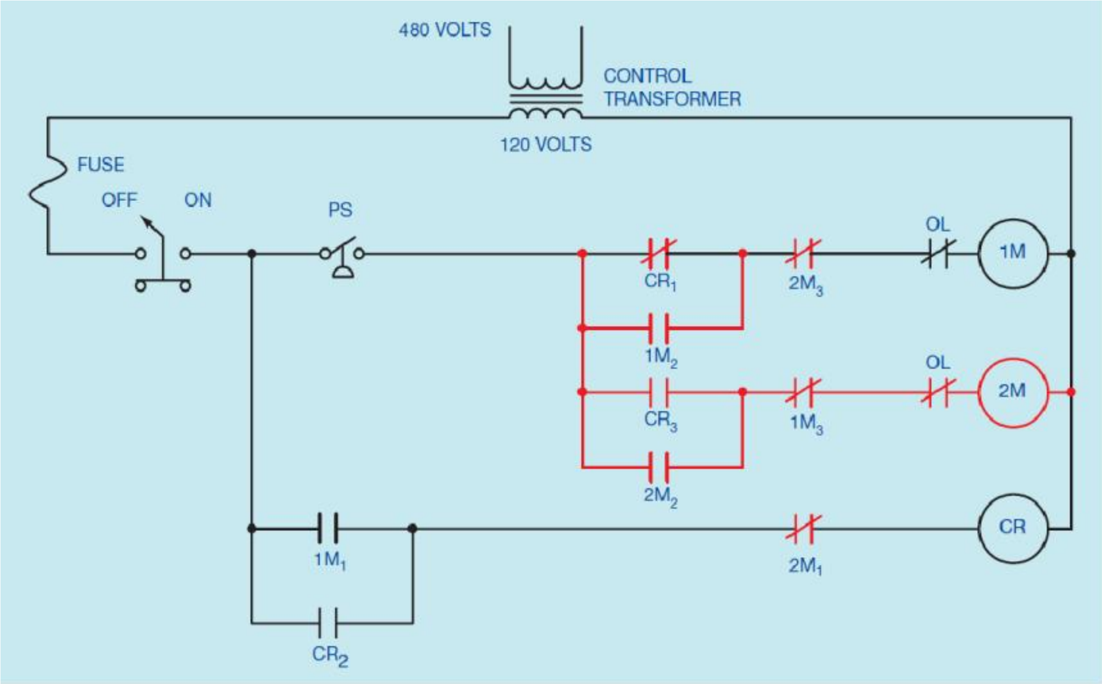


ပုံ ၄၈.၂ control relay အား memory device အနေဖြင့် အသုံးပြုထားပုံ

အကယ်၍ ပန့် #၁ သည် ပန့်#၂ နှင့် တလှည့်စီ မောင်းနှင်နေခဲ့ပါက မည်သည့်ပန့်က နောက်ဆုံးမောင်းနှင်နေသည်ကို သိရှိစေမည့် နည်းလမ်းအချို့အား ထည့်သွင်းစဉ်းစားသင့်ပါသည်။ ယင်းသို့သော လုပ်ဆောင်မှုအား control relay CR ဖြင့် လုပ်ဆောင်ပါမည်။ relay CR အား memory device အဖြစ်အသုံးပြုသည့်အတွက် အမြဲတစေ energize ဖြစ်နေစေရန်လိုအပ်ကာ မော်တာ starter တစ်လုံးချင်းစီ သို့မဟုတ် နှစ်လုံးစလုံးတို့သည် energize မဖြစ်သည်ကို သိရှိနိုင်စေရန်အတွက် ဖြစ်ပါသည်။ ထိုအချက်ကြောင့် ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်း အစိတ်အပိုင်းအား pressure switch PS ၏ အဝင်ဘက်ခြမ်းတွင် ဆက်သွယ်ထားရပါသည်။ ထိုသို့ ပေါင်းထည့်ထားသည့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၈.၂ တွင် ပြသထားပါသည်။

လျှပ်စီးပတ်လမ်း ဖန်တီးမှုအတွက် နောက်ထပ်အဆင့်တစ်ခုအား ပုံ ၄၈.၃ တွင် မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအဆင့်တွင် မော်တာ starter 2M အား ထည့်သွင်းထားပါသည်။ pressure switch PS သည် close ဖြစ်ပြီးနောက် starter coil 1M အား energize ဖြစ်ပြီးနောက်တွင် 1M contact များအားလုံးသည် အနေအထားပြောင်းသွားပါသည်။ contact များဖြစ်ကြသော $1M_1$ နှင့် $1M_2$ တို့သည် close တစ်ချိန်တည်းတွင် ဖြစ်သွားပါသည်။ $1M_1$ contact သည် close ဖြစ်သွားခြင်းကြောင့် coil CR သည် energize ဖြစ်လာကာ CR contact များအားလုံးအား အနေအထားပြောင်းသွားစေပါသည်။ contact CR_1

သည် open ဖြစ်သွားသော်လည်း coil 1M သို့စီးသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် contact $1M_2$ ကြောင့် ဆက်လက် စီးဆင်းစေပါသည်။ contact CR_2 အား contact $1M_1$ အနီးတွင် holding contact အဖြစ်အသုံးပြုပါသည်။ မော်တာ starter coil တစ်ခုစီအား သီးခြား overload contact တစ်ခုစီဖြင့် ကာကွယ်မှုပြုထားသည်ကို သတိပြုမိရန် လိုအပ်ပါသည်။ ထိုသို့ပြုလုပ်ထားခြင်းအားဖြင့် မော်တာတစ်ခုချင်းစီတွင် ဖြစ်ပေါ်သော overload သည် အခြားမော်တာတစ်လုံး၏ မောင်းနှင် လုပ်ဆောင်နေမှုအား အနှောင့်အယှက်မဖြစ်ပေါ်စေနိုင်တော့ပေ။ ထို့အတူ လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ ယင်းအစိတ်အပိုင်းအား pressure switch ၏ အထွက်ဘက်ခြမ်းတွင် တပ်ဆင်ထားမည်ကို သတိပြုအပ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် pressure switch သည် ပန့်နှစ်ခုစလုံးအတွက် လုပ်ဆောင်မှုအား control လုပ်နိုင်ပါသည်။

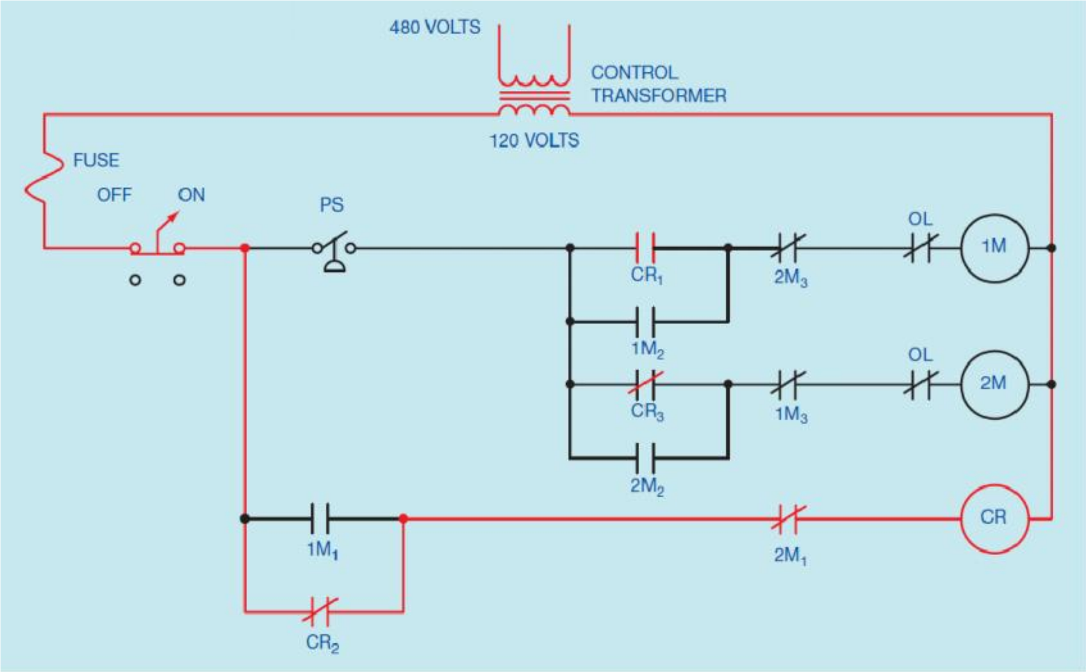


ပုံ ၄၈.၃ ဒုတိယ motor starter တစ်လုံးအား ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ခြင်း

လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ လုပ်ဆောင်မှုအား နားလည်နိုင်စေရန် pressure switch PS သည် close လုပ်နေသည်ဟု ယူဆပေးပါ။ ယင်းအချက်ကြောင့် motor starter coil 1M ထံသို့ လျှပ်စီးလမ်းကြောင်း ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ coil 1M သည် energize ဖြစ်သွားသောအခါတွင် 1M contact များ အားလုံးတို့သည် အနေအထားပြောင်းသွားကာ ပန့်#၁ အား စတင်မောင်းနှင်ပါသည်။ contact $1M_1$ သည် close ဖြစ်သွားပြီးနောက် coil CR အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ contact $1M_2$ သည် close ဖြစ်သွားကာ coil 1M ဆီသို့သွားသော လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းအား ဆက်လက်ရှိနေစေပါသည်။ contact $1M_3$ သည် open

ဖြစ်သွားကာ coil 2M နှင့် interlock ဖြစ်သွားခြင်းအားဖြင့် coil 1M energize ဖြစ်သွားလျှင်သော်မှ energize မဖြစ်စေရန် တားဆီးပေးပါသည်။

Coil CR သည် energize ဖြစ်သွားသောအခါတွင် CR contact များအားလုံးသည် အနေအထားပြောင်းသွားပါသည်။ contact CR_1 သည် open ဖြစ်ကာ coil 1M သို့စီးသော လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းအား ဖြတ်တောက်ပေးပါသည်။ contact $1M_1$ အနီးတွင်ရှိသော contact CR_2 သည် close ဖြစ်သွားခြင်းအားဖြင့် လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းအား ဆက်လက်စီးဆင်းစေပြီး၊ contact CR_3 သည် close ဖြစ်သွားခြင်းအားဖြင့် မော်တာ starter coil 2M အတွက် လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းကို ရရှိစေပါသည်။ $1M_3$ contact သည် ယခုအခါတွင် open ဖြစ်နေသည့်အတွက် coil 2M သည် energize ဖြစ်နိုင်ခြင်း မရှိပေ။

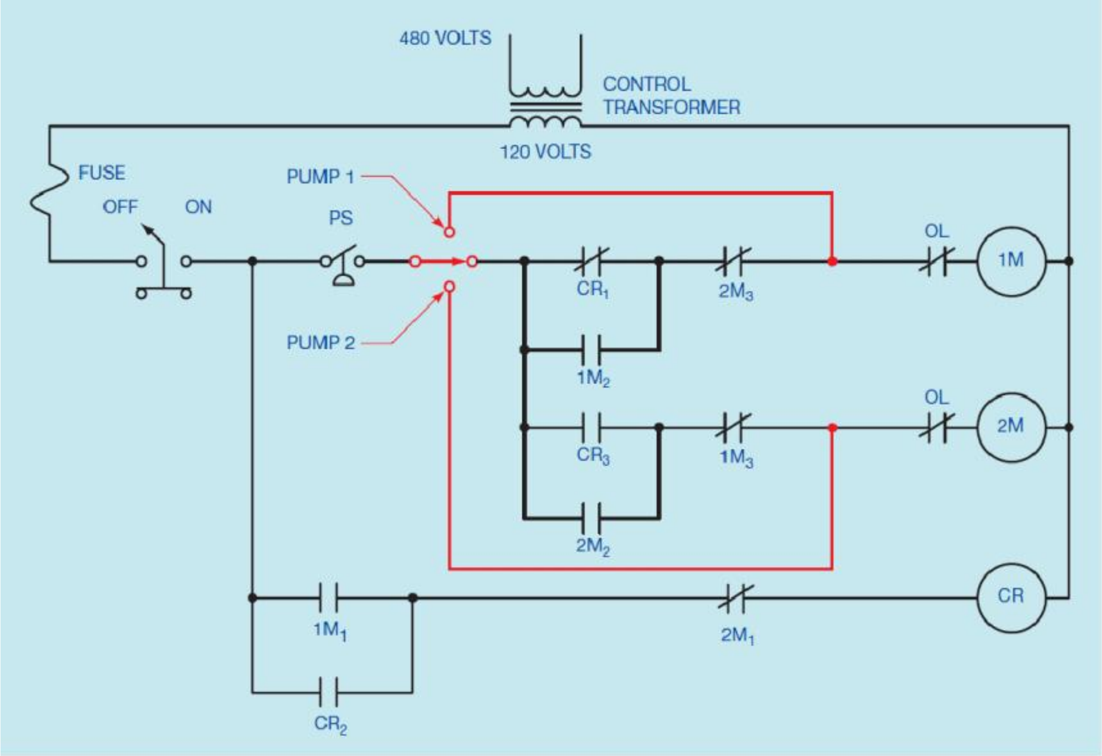


ပုံ ၄၈.၄ မည်သည့် pump မှ ဦးစွာ မောင်းနှင်ရမည်ကို Coil CR မှ မှတ်သားထားပုံ

Pressure switch သည် open ဖြစ်ပြီးသည့်နောက်တွင် coil 1M သည် de-energize ဖြစ်သွားကာ 1M contact များ အားလုံးအား ယင်းတို့၏ မူလအနေအထားဆီသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိစေကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၈.၄ အတိုင်း ကျန်ရှိနေစေပါသည်။ ယင်း လျှပ်စီးပတ်လမ်းပုံအား pressure switch သည် open ဖြစ်သွားချိန်တွင်ရှိမည့် လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ အခြေအနေအား သိရှိစေရန်အတွက်သာ ရည်ရွယ်ကာ contact များအား ယင်းတို့၏ မူလ de-energize ဖြစ်နေသော အခြေအနေကို

ပြသရန်အတွက် မရည်ရွယ်ပေ။ ယင်းအချက်ကြောင့် ထိုအချိန်အတွက် control relay CR အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို ရှိနေစေပါသည်။

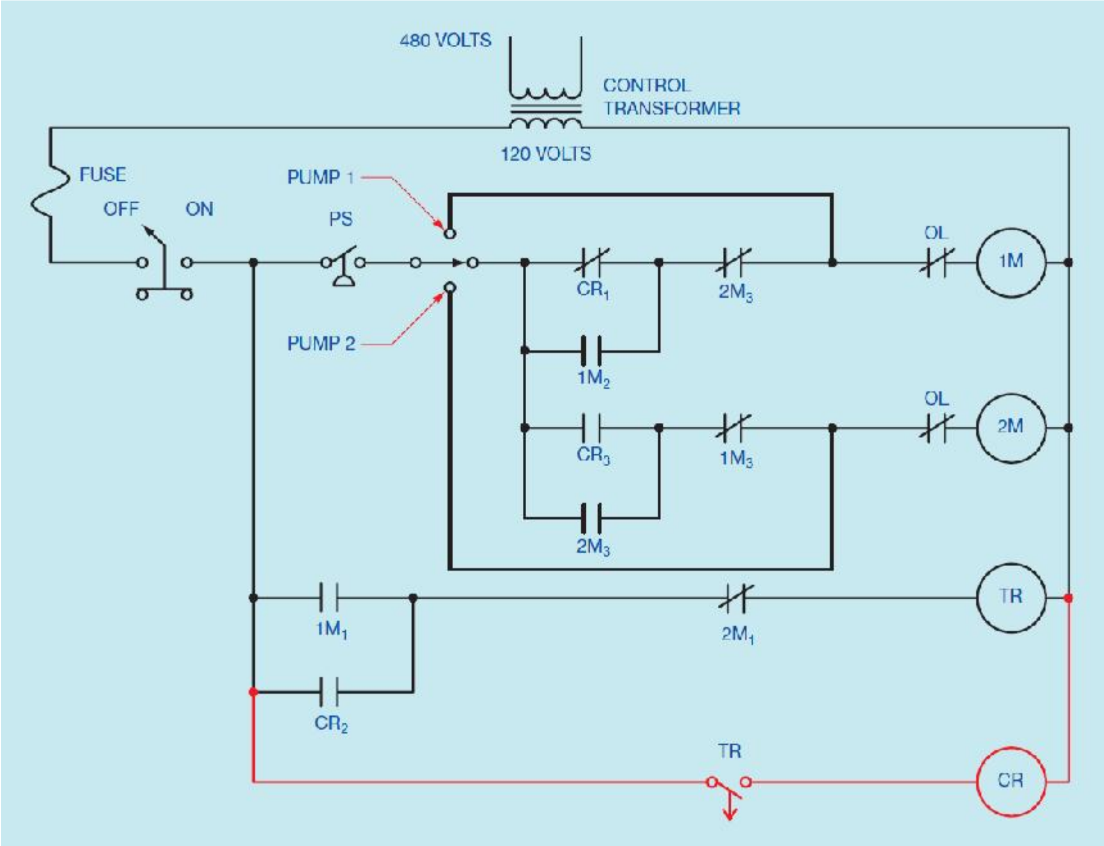
Pressure switch PS သည် ထပ်မံ close ဖြစ်သွားသည့်အခါတွင် contact CR_1 သည် coil 1M ဆီသို့စီးဆင်းမည့်လျှပ်စီးအား တားဆီးလိုက်သကဲ့သို့ဖြစ်သွားသော်လည်း contact CR_3 မှ coil 2M ဆီသို့စီးဆင်းမည့်လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းအား စီးဆင်းစေပါသည်။ coil 2M သည် energize ဖြစ်သွားသော အခါတွင် ပန့်#၂ သည် စတင်မောင်းနှင်ကာ 2M contact များအားလုံးအား အနေအထားပြောင်း သွားစေပါသည်။



ပုံ ၄၈.၅ အခြေခံ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသဘာဝ၊ အပြည့်အစုံ

Contact $2M_1$ သည် open ဖြစ်သွားခြင်းကြောင့် coil CR အား de-energize ဖြစ်သွားစေပါသည်။ contact CR_3 မှ ယင်း၏ နဂိုမူလ open ဖြစ်နေသောအခြေအနေအား ပြန်လည်ရရှိသည့်အခါတွင် contact $2M_2$ သည် close ဖြစ်သွားကာ coil 2M အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ဆက်လက်ရှိနေစေပြီး၊ contact CR_1 သည် ယင်း၏ နဂိုမူလ close ဖြစ်နေသောအခြေအနေအား ပြန်လည်ရရှိသည့်အခါတွင် contact $2M_3$ သည် open ဖြစ်သွားကာ coil 1M အား energize မဖြစ်စေရန် တားဆီးပေးပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် pressure switch PS သည် open ဖြစ်ကာ coil 2M အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ ပြတ်တောက်မှု

မရှိမချင်းအထိ ဆက်လက်လုပ်ဆောင်နေမည်ဖြစ်ပါသည်။ ထိုအချိန်တွင် 2M contact အားလုံးတို့သည် ယင်းတို့၏ မူလအခြေအနေ ဆီသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိသွားပုံကို ပုံ ၄၈.၃ တွင် ပြသထားပါသည်။ ပန့်တစ်ချက် အလုပ်မလုပ်နိုင်ပါက အခြားပန့်တစ်ခုအား လွတ်လပ်စွာမောင်းနှင်လုပ်ကိုင်နိုင်စေသည့် switch တစ်ခုသည်သာ မပြည့်စုံစေသည့် လိုအပ်ချက်တစ်ခုဖြစ်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ဖြည့်စွက်ချက်အား ပုံ ၄၈.၅ တွင်ပြသထားပါသည်။ pressure switch ၏ အထွက်ဘက်ခြမ်းတွင် position သုံးခု ရွေးချယ်နိုင်သော switch အား တပ်ဆင်ထားပါသည်။ ယင်း selector switch သည် ပန့်နှစ်ခုအား တလှည့်စီ မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်နိုင်စေခြင်း သို့မဟုတ် ပန့်တစ်လုံးတည်း လုပ်ဆောင်နိုင်စေခြင်း အစရှိသည့်လုပ်ဆောင်မှုများအား ရရှိစေပါသည်။



ပုံ ၄၈.၆ ကောင်းမွန်သော လုပ်ဆောင်မှု ရရှိစေရန် timer တစ်လုံးအား ထပ်မံတပ်ဆင်ထားပုံ

လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် logic သည် ယခုအခါတွင် မှန်ကန်ပြီဟု ဆိုသော်ငြားလည်း ပြဿနာဖြစ်လာစေနိုင်သော အချက်လည်း ရှိနေပါသေးသည်။ ပန့်#၁ သည် တစ်ကြိမ် မောင်းနှင်ပြီးစီးပြီးနောက်နှင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပုံ ၄၈.၄ အတိုင်း ထားရှိပါက contact CR_3 သည် contact $2M_2$ မှ close ဖြစ်ကာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား seal မလုပ်နိုင်မီတွင် ပြန်၍ open ဖြစ်နိုင်ပါသည်။ ထိုသို့ဖြစ်ပွားခဲ့ပါက coil 2M သည်

de-energize ဖြစ်ကာ coil 1M မှာမူ energize ဖြစ်ပါလိမ့်မည်။ ယင်းကို contact race ဟု မကြာခဏ သုံးနှုန်းကြပါသည်။ ထိုသို့ဖြစ်ပွားခြင်းအား တားဆီးနိုင်ရန်အတွက် ပုံ ၄၈.၆ တွင်ပြသထားသည့်အတိုင်း off delay timer တစ်လုံးအား တပ်ဆင်ပေးရပါလိမ့်မည်။ ယင်း လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် coil CR အား timer ၏ coil TR ဖြင့် အစားထိုးထားပါသည်။ coil TR သည် energize ဖြစ်သောအခါတွင် contact TR သည် coil CR အား ပြန်လည်၍ open မဖြစ်မီနှင့် de-energize မဖြစ်မီ တစ်စက္ကန့်ကြာမျှ ဆက်လက် close ဖြစ်နေမည်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း တိုတောင်းလှသော အချိန်ကလေးသည်ပင်လျှင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို ကောင်းမွန် စွာ လုပ်ကိုင်နိုင်စေပါသည်။

လျှပ်စီးပတ်လမ်း#၂။ Wound Rotor Induction Motor ၏ လည်ပတ်မှု အမြန်နှုန်းအား Control လုပ်ခြင်း

ဒုတိယမြောက် ဖန်တီးလုပ်ဆောင်မည့်လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် wound rotor induction motor တစ်လုံး၏ လည်ပတ်မှု အမြန်နှုန်းအား control လုပ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ မော်တာတွင် လည်ပတ်နှုန်း သုံးဆင့် ရှိပါသည်။ သီးခြား push button များအား အသုံးပြုကာ လည်ပတ်မောင်းနှင်နှုန်းအား ရွေးချယ်ပါမည်။ မော်တာသည် ရွေးချယ်လိုက်သော လည်ပတ်နှုန်းအတိုင်း အလိုအလျောက်လည်ပတ်ပါလိမ့်မည်။ ဥပမာအားဖြင့် ဒုတိယလည်ပတ်နှုန်းအား ရွေးချယ်လိုက်ပါက မော်တာသည် ပထမ သို့မဟုတ် အနိမ့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် စတင်မောင်းနှင်ပြီးနောက် အချိန်ရလာကာ ဒုတိယ လည်ပတ်နှုန်းသို့ ရရှိစေပါမည်။ အကယ်၍ တတိယ လည်ပတ်နှုန်းကို ရွေးချယ်ခဲ့လျှင် မော်တာသည် ပထမလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် စတင်လည်ပတ်ပြီးနောက် ဒုတိယလည်ပတ်နှုန်းအတိုင်းလည်ပတ်ကာ တတိယလည်ပတ်နှုန်းသို့ လည်ပတ်ရှိန် ရရှိလာစေပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် လိုအပ်သည်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။

၁။ မော်တာသည် ၄၈၀ဗို့ တြီသွင် ဓါတ်အားစံနစ်တွင် မောင်းနှင်လည်ပတ်မည်ဖြစ်သော်လည်း control system မှာမူ ၁၂၀ ဗို့ဖြင့်သာ လုပ်ဆောင်ပါမည်။

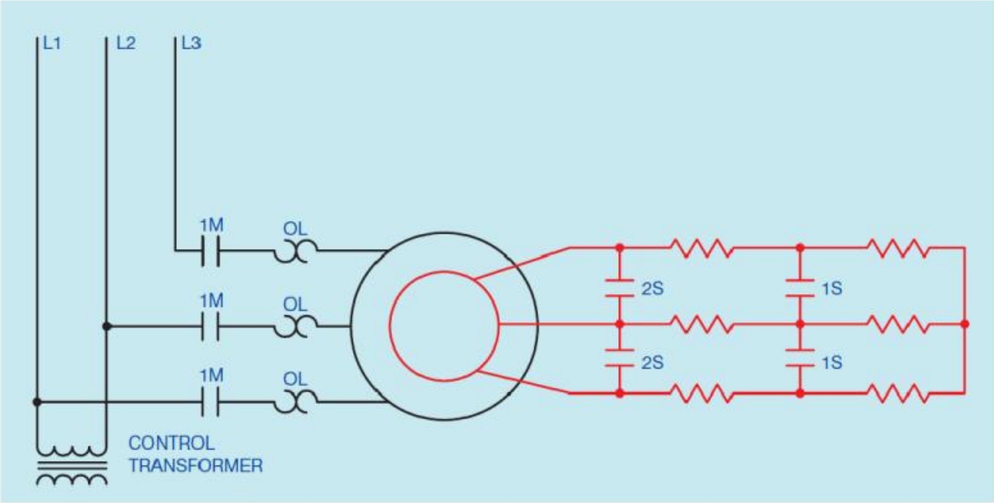
၂။ stop button တစ်ခုဖြင့် မည်သည့်လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်နေစေကာမူ မော်တာအား ရပ်တန့်နိုင်ပါသည်။

၃။ မော်တာတွင် ဝန်အားပိုကာကွယ်မှု ပါရှိရပါမည်။

၄။ သီးခြားစီရှိနေသော push button သုံးခုတို့သည် ပထမ၊ ဒုတိယနှင့် တတိယ လည်ပတ်နှုန်း သုံးခုကို ရွေးချယ်ရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည်။

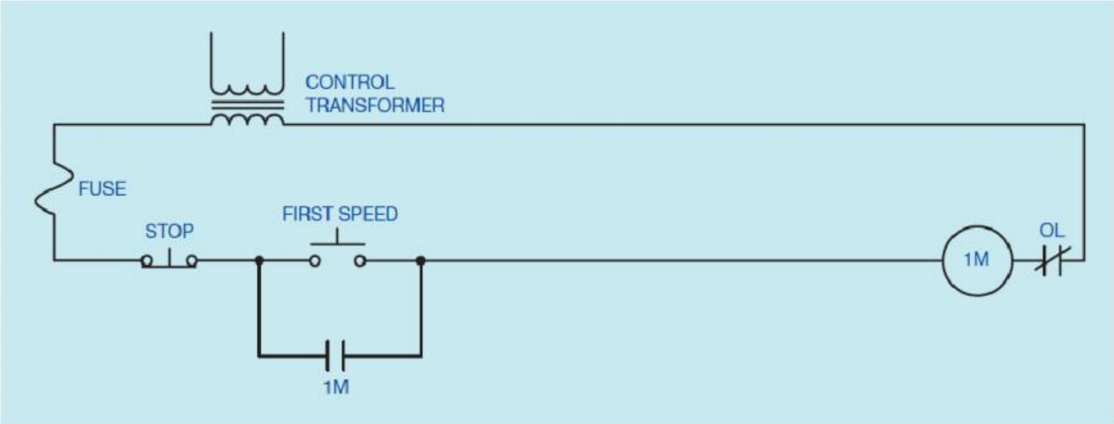
၅။ လည်ပတ်နှုန်းတစ်ခုမှ နောက်တစ်ခုသို့ အကူအပြောင်းအတွင်း သုံးစက္ကန့်မျှ time delay ထားရှိပါမည်။

၆။ မော်တာအား မြင့်မားသော လည်ပတ်နှုန်းတစ်ခုဖြင့် မောင်းနှင် လည်ပတ်ရန် အလိုရှိပါက သင့်လျော်သော button အား နှိပ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် ရရှိနိုင်ပါသည်။ ထိုသို့မဟုတ်ပဲ လည်ပတ်နှုန်းအနိမ့်ဖြင့် မောင်းနှင် လည်ပတ်လိုပါက stop button အား အလျင်ဦးစွာ နှိပ်လိုက်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။

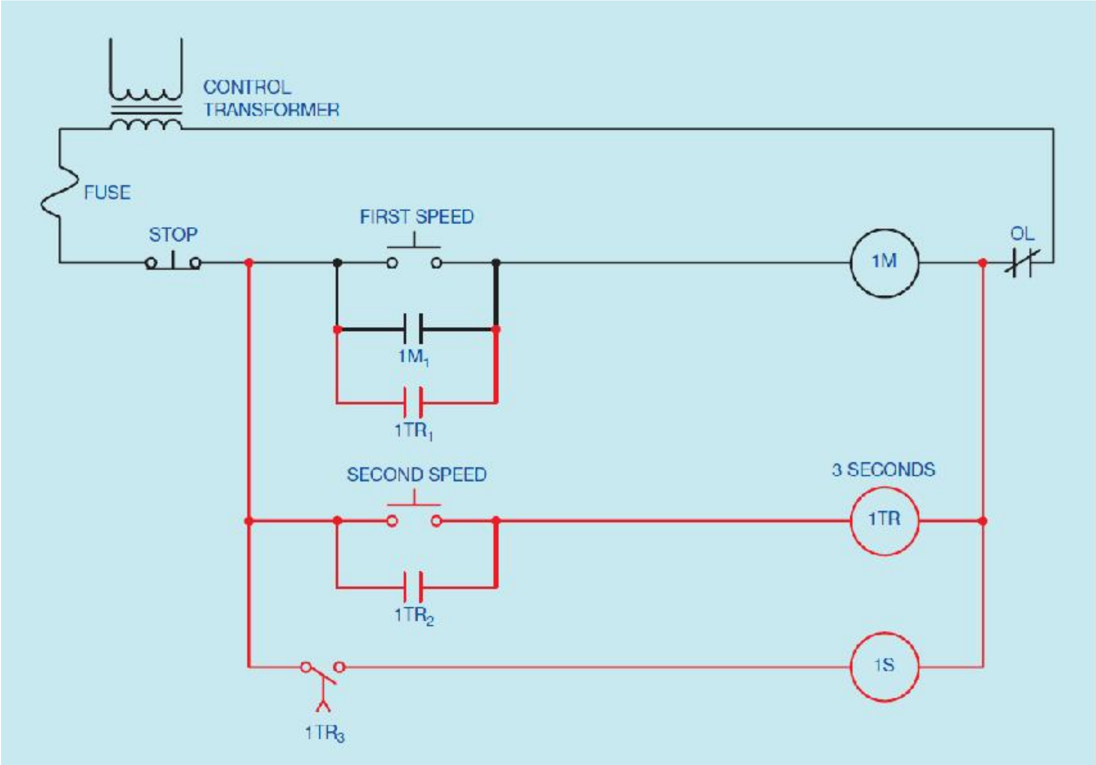


ပုံ ၄၈.၇ rotor circuit တွင် ခုခံမှုများအား တပ်ဆင်ခြင်းအားဖြင့် လည်ပတ်နှုန်းကို control လုပ်ပုံ

ဆွေးနွေးပြီးခဲ့သည့်အတိုင်း wound rotor induction motor ၏ လည်ပတ်နှုန်းအား control လုပ်ရာတွင် secondary သို့မဟုတ် rotor circuit တွင် resistor ထားရှိရခြင်းအား ပုံ ၄၈.၇ တွင် ပြသထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် load contact 1M အား အသုံးပြုကာ stator သို့မဟုတ် မော်တာ၏ primary အား ပါဝါလိုင်းဖြင့် ဆက်သွယ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ rotor တွင် ကြိုသွင် resistor နှစ်တွဲအား တပ်ဆင်ပါသည်။ stator သို့ ပါဝါပေးပို့လိုက်သောအခါတွင် ခုခံမှုအားလုံးတို့သည် rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် တပ်ဆင်ပြီးဖြစ်နေကာ အနိမ့်ဆုံးလည်ပတ်နှုန်း သို့မဟုတ် ပထမ လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် စတင်လည်ပတ်ပါမည်။ contact 1S အား close လုပ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် ပထမ ကြိုသွင် ခုခံမှုအတွဲအား ပတ်လမ်းတိုဖြစ်စေကာ ဖြုတ်ထုတ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် ဒုတိယ လည်ပတ်နှုန်းကို ရရှိစေပါသည်။ contact 2S အား close လုပ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် တတိယ လည်ပတ်နှုန်းကို ရရှိစေပါသည်။ ယင်းသို့ပြုလုပ်လိုက်ခြင်းအားဖြင့် rotor winding အား ပတ်လမ်းတိုဖြစ်စေကာ မော်တာလည်ပတ်မှုသဘာဝ သည် ရှဉ့်လှောင်အိမ် မော်တာကဲ့သို့ ဖြစ်သွားပါသည်။ control transformer တစ်လုံးအား ကြိုသွင်ဓါတ်အားလိုင်းများမှ လိုင်းနှစ်ခုတွင် တပ်ဆင်ကာ control system အတွက် ပါဝါကို ရရှိစေပါသည်။



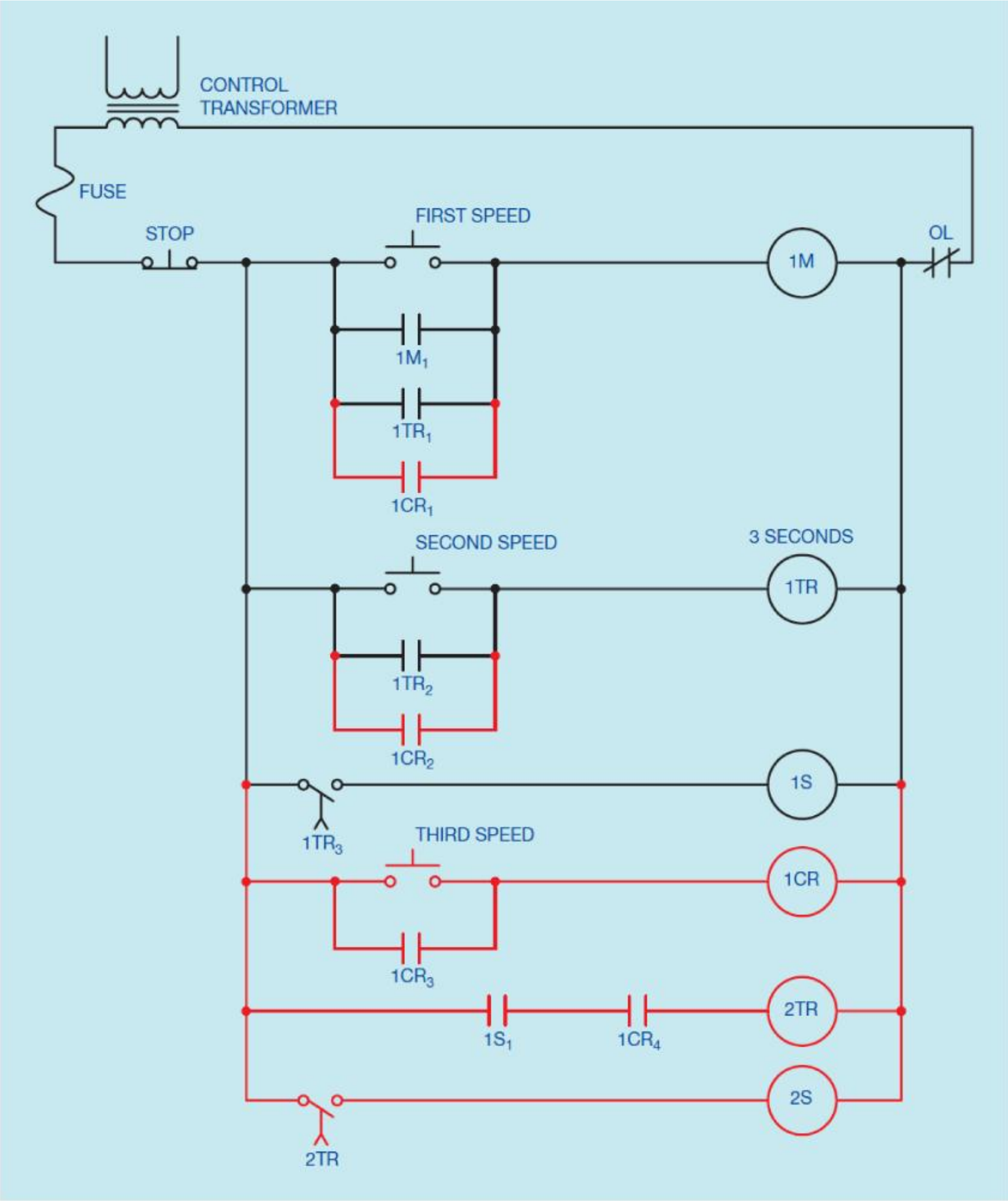
ပုံ ၄၈.၈ ပထမလည်ပတ်နှုန်း



ပုံ ၄၈.၉ ဒုတိယ လည်ပတ်နှုန်း

ပထမလည်ပတ်နှုန်းအား ပုံ ၄၈.၈ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတိုင်း ဆက်သွယ်ခြင်းအားဖြင့် ရရှိစေနိုင်ပါသည်။ "FIRST SPEED" button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် မော်တာ starter coil 1M သည် close ဖြစ်သွားပြီးနောက် မော်တာ၏ stator အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ ခုခံမှုအားလုံးတို့သည် rotor လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ရှိနေသည့်အတွက် မော်တာသည် အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်ပါသည်။ auxiliary contact $1M_1$ အား holding contact အနေဖြင့် အသုံးပြုပါသည်။ normally

closed ဖြစ်နေသော overload contct အား coil 1M နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားခြင်းအားဖြင့် ဂန်အားပို ကာကွယ်မှုအား ရရှိစေပါသည်။ overload contact တစ်ခုတည်းကိုသာ တို့သွင် overload relay အဖြစ် အသုံးပြုထားသည်ကို သတိပြုမိစေလိုပါသည်။



ပုံ ၄၈.၁၀ ဒုတိယ လည်ပတ်နှုန်း

လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ ဒုတိယအဆင့်အား ပုံ ၄၈.၉ တွင် ပြသထားပါသည်။ "SECOND SPEED" button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် on-delay timer 1TR သည် energize ဖြစ်သွားပါသည်။ မော်တာအနေဖြင့် စတင်မောင်းနှင်သည့်အချိန်တွင် ပထမ လည်ပတ်နှုန်းဖြင့်သာ စတင်မောင်းနှင်ရမည်ဖြစ်ရာ instantaneous

time contat ဖြစ်သော $1TR_1$ သည် close ဖြစ်ပြီးနောက် coil 1M အား energize ဖြစ်စေကာ မော်တာ၏ stator အား ပါဝါလိုင်းနှင့် ချိတ်ဆက်လိုက်ပါသည်။ contact $1TR_2$ အား holding contact အဖြစ်အသုံးပြုကာ SECOND SPEED button အား လွှတ်လိုက်ချိန်တွင် coil 1TR အား energize ဖြစ်နေစေပါသည်။ contact $1TR_3$ သည် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော contact ဖြစ်ပါသည်။ ၃ စက္ကန့် ကုန်ဆုံးလွန်မြောက်သွားသည့်အချိန်တွင် ယင်းသည် close ဖြစ်ပြီးနောက် contactor coil 1S အား energize ဖြစ်စေကာ 1S contact အားလုံးတို့အား close ဖြစ်စေပြီးနောက် resistor ပထမအတွဲအား shunt သဘာ၀ အားဖြင့် ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါသည်။ ထိုအချိန်တွင် မော်တာသည် ဒုတိယ လည်ပတ်နှုံးဖြင့် လည်ပတ်မောင်းနှင်နိုင်ပြီဖြစ်ပါသည်။

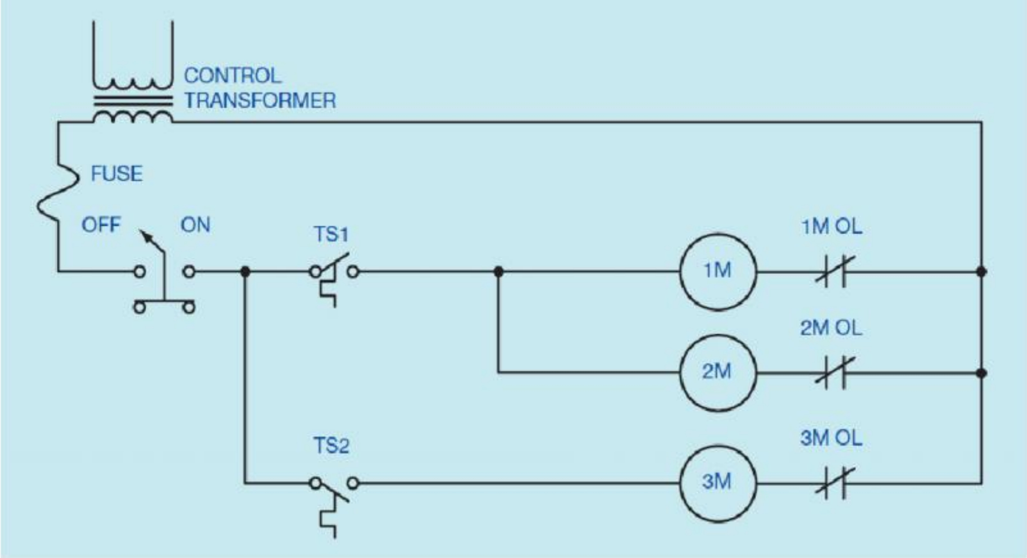
လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ နောက်ဆုံးအဆင့်အား ပုံ ၄၈.၁၀ တွင်ပြသထားပါသည်။ “THIRD SPEED” button အား အသုံးပြုကာ control relay CR ၏ ကွိုင်အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ coil 1CR သည် energize ဖြစ်သွားသောအခါတွင် 1CR contact များအားလုံးတို့သည် အနေအထားပြောင်းသွားပါသည်။ contact $1CR_1$ သည် close ဖြစ်သွားကာ မော်တာ starter coil 1M အတွက် လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပြီး မော်တာအား အနိမ့်ဆုံးလည်ပတ်နှုံးဖြင့် လည်ပတ်မောင်းနှင်စေပါသည်။ contact $1CR_2$ သည် close ဖြစ်သွားခြင်းအားဖြင့် timer 1TR အတွက် လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းကို ရရှိစေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် timer 1TR အား အချိန်စတင်ရေတွက်နိုင်စေပါသည်။ THIRD SPEED button သည် open ဖြစ်သွားစဉ်တွင် contact $1CR_3$ သည် coil 1CR အတွက် လျှပ်စီးလမ်းကြောင်းကို ဆက်လက်ရှိနေစေကာ contact $1CR_4$ မှာမူ timer 2TR အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းကို ဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ ယင်း contact သည် မော်တာမှ ဒုတိယ လည်ပတ်နှုံးဖြင့် မောင်းနှင်နေစဉ်တွင် coil 2TR သို့ လျှပ်စီး မစီးနိုင်စေရန် တားဆီးပေးပါသည်။

၃ စက္ကန့်မျှ timer 1TR သည် energize ဖြစ်ပြီးနောက်တွင် contact $1TR_3$ သည် close ဖြစ်သွားကာ coil 1S အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းအချက်ကြောင့် မော်တာအား ဒုတိယ လည်ပတ်နှုံးသို့ အရှိန်မြင့်ရောက်ရှိသွားစေပါသည်။ coil 1S သည်လည်း auxiliary contact $1S_1$ အား close ဖြစ်သွားစေပြီးနောက် timer 2TR အတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပြည့်မြောက်စေပါသည်။

၃ စက္ကန့်မှ အချိန်နှောင်းပြီးနောက်တွင် contact 2TR သည် close ဖြစ်ကာ coil 2S အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ ယင်းသို့ဖြစ်ခြင်းကြောင့် contact 2S အား close ဖြစ်စေပြီး မော်တာအား အမြင့်ဆုံးသော လည်ပတ်နှုံးဖြင့် လည်ပတ်မောင်းနှင်စေပါတော့သည်။

လျှပ်စီးပတ်လမ်း #၁။ ဆီအပူပေးယူနစ်တစ်ခု

ပုံ ၄၈.၁၁ တွင် ဖော်ပြထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် မော်တာ starter 1M သည် ဖိအားမြင့် ပန့်တစ်လုံးအား control လုပ်ရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းပန့်အား လောင်ကြွမ်းမှုပြုရန်အတွက် combustion chamber (ပေါက်ကွဲမှုပြုသည့်အခန်း) အတွင်းသို့ လောင်စာများအား ဖြည့်သွင်းရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ မော်တာ starter 2M သည် air induction blower တစ်လုံးအား မောင်းနှင်ကာ ယင်းသည် ဆီများလောင်ကြွမ်းနေစဉ်တွင် combustion chamber အတွင်းသို့ လေကို အားနှင့် သွင်းနိုင်ရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ မော်တာ starter 3M သည် ရှဉ့်လှောင်အိမ် blower အား control လုပ်ရန်အတွက်ဖြစ်ကာ အဆောက်အဦးအား အပူစွမ်းအင်ပေးနိုင်ရန်အတွက် heat exchanger အတွင်း လေကို လည်ပတ်စေရန်အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ control transformer အား အသုံးပြုကာ အဂင်ဗို့အား ၂၄ဂဗို့မှ ၁၂ဂဗို့သို့ ရရှိစေကာ သီးခြား OFF-ON switch အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ဖြတ်တောက်ရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။ thermostat TS1 သည် အဆောက်အဦးအတွင်းရှိ အပူချိန်အား အာရုံခံပေးပြီး၊ thermostat TS2 ကိုမူ heat exchanger အတွင်းရှိ အပူချိန်အား အာရုံခံရာတွင် အသုံးပြုပါသည်။



ပုံ ၄၈.၁၁ heating system အတွက် control

လျှပ်စီးပတ်လမ်း အလုပ်လုပ်ပုံအား နားလည်နိုင်ရန်အတွက် manual OFF-ON switch အား ON အနေအထားတွင် ထားရှိပါ။ အဆောက်အဦးအတွင်းရှိ အပူချိန် အဆင့်တစ်ခုအထိ သိသိသာသာ လျော့ကျသွားသောအခါတွင် thermostat TS1 သည် close ဖြစ်သွားကာ starter များဖြစ်ကြသော 1M နှင့် 2M တို့အား ပါဝါရရှိစေပါသည်။ ထို့ကြောင့် ပန့်မော်တာနှင့် air induction blower တို့အား

စတင်မောင်းနှင်စေပါသည်။ heat exchanger ၏ အပူချိန်သည် သိသိသာသာ တိုးလာသည့်အခါတွင် thermostat TS2 သည် close ဖြစ်သွားပြီး starter 3M အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ blower သည် အဆောက်အဦးအတွင်း heat exanger အားဖြတ်သန်းကာ လေကို လည်ပတ်စေခြင်းဖြင့် အဆောက်အဦး အတွင်းရှိ အပူချိန်ကို တိုးတက်လာစေပါသည်။ အဆောက်အဦးအတွင်းရှိ အပူချိန်သည် လုံလောက်သော အဆင့်တစ်ခုအထိ တိုးတက်လာသောအခါတွင် thermostat TS1 သည် open ဖြစ်သွားကာ ပန့်မော်တာနှင့် air induction motor တို့အား ဖြတ်တောက်လိုက်ပါသည်။ blower မှာမူ heat exchanger အား လုံလောက်သောအနေအထားအထိ အေးသွားစေသည့်အားဖြင့် thermostat TS2 မှ ယင်း၏ contact အား open ဖြစ်စေပါသည်။

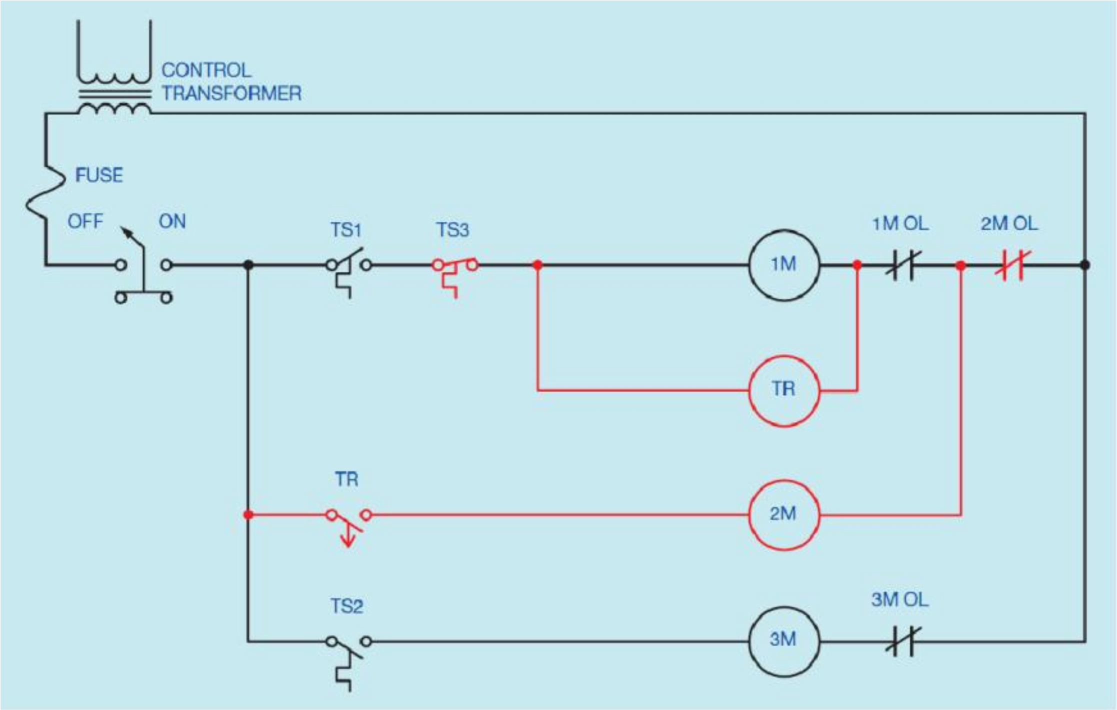
အချိန်အတိုင်းအတာ တစ်ခုမျှ မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်ပြီးနောက်တွင် ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်း ဒီဇိုင်းသည် လုံခြုံစိတ်ချမှုမရှိသော အပြင်းအထန်အန္တရာယ်ဖြစ်စေနိုင်သည့် အခြေအနေရှိကြောင်း ရှာဖွေတွေ့ရှိခဲ့ပါ သည်။ starter 2M နှင့် ဆက်သွယ်ထားသော overload contact သည် open ဖြစ်သွားခဲ့ပါက ဖိအားမြင့် ပန့်မော်တာသည် combustion chamber အတွင်းသို့ လုံလောက်သော လေမရှိပါဘဲနှင့် ဆက်လက်ဖိသွင်း နေမည်ဖြစ်ပါသည်။ ထို့အပြင် blower motor သည် heat exchanger တစ်လျှောက် လေအေးကို မပေးနိုင်ခဲ့ပါက ပန့်မော်တာအား turn off လုပ်ပေးမည့် safety switch လည်း မရှိပေ။ ထို့ကြောင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား အောက်ပါ အပြောင်းအလဲများပြုလုပ်နိုင်စေရန်အတွက် အကြံပြုလိုက်ရပါသည်။

၁။ air induction motor တွင် ဝန်အားပိုမိုခြင်းဖြစ်ပေါ်လာပါက ဖိအားမြင့် ပန့်မော်တာနှင့် air induction motor တို့အား ရပ်တန့်စေရပါမည်။

၂။ ဖိအားမြင့် ပန့်မော်တာတွင် ဝန်အားပိုမိုခြင်းဖြစ်ပေါ်လာခဲ့ပါက ယင်း မော်တာတစ်လုံးတည်းသာ ရပ်တန့်မည်ဖြစ်ကာ air induction motor အား ဆက်လက်မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်နေစေပါမည်။

၃။ ဖိအားမြင့် ပန့်မော်တာ turn off လုပ်ပြီးနောက် တစ်မိနစ်ကြာသည့်တိုင်အောင် air induction motor သည် ဆက်လက်မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်နေရပါမည်။ ထိုသို့ပြုလုပ်ခြင်းအားဖြင့် combustion chamber အတွင်းရှိ မီးခိုးများနှင့် ပြာမှုံများအား သန့်စင်ပေးလိုက်သကဲ့သို့ ဖြစ်ပါသည်။

၄။ heat exchanger အတွင်း high limit thermostat အား ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ထားခြင်းအားဖြင့် heat exchanger အတွင်း အပူချိန် အလွန်အမင်း မြင့်တက်လာပါက ပန့်မော်တာအား turn off လုပ်ပေးနိုင်မည်ဖြစ်ပါသည်။



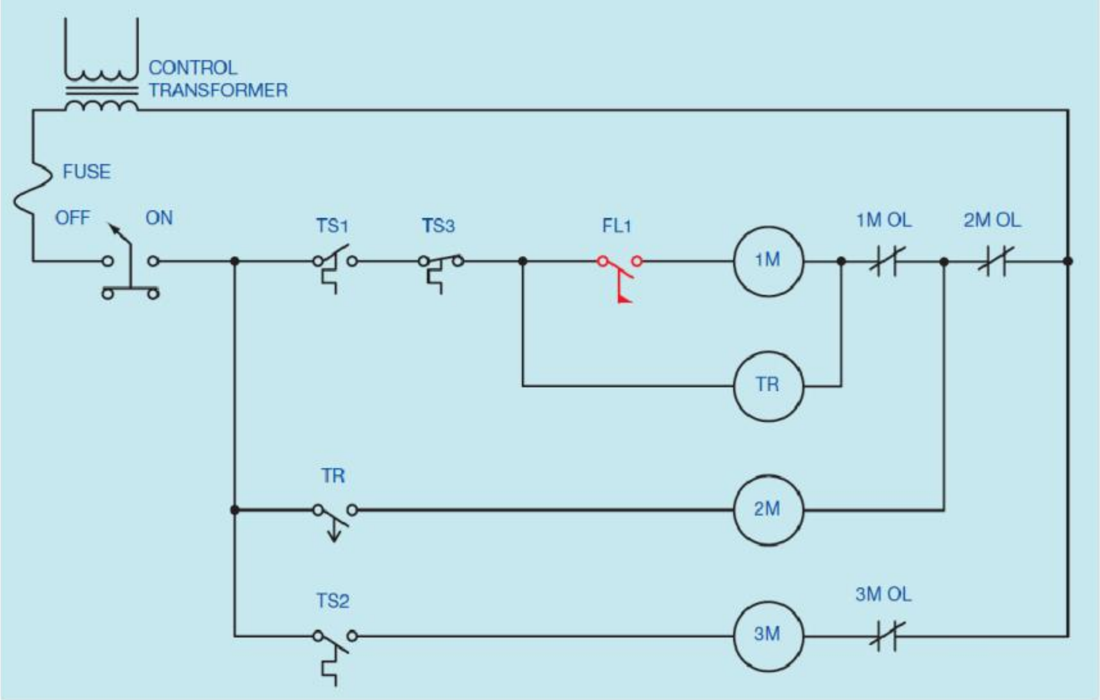
ပုံ ၄၈.၁၂ air induction blower အတွက် timer တစ်လုံးကို ထပ်မံဖြည့်သွင်းတပ်ဆင်ထားပုံ

လျှပ်စီးပတ်လမ်းမှ အထက်က ဖော်ပြခဲ့သည်များအား ပြောင်းလဲ ပြင်ဆင်ပြီးသည်များအား ပုံ ၄၈.၁၂ တွင် မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။ thermostat TS3 သည် high limit thermostat ဖြစ်ပါသည်။ ယင်းအား stop ဆိုသော လုပ်ဆောင်မှုအား လုပ်ဆောင်ရာတွင် အသုံးပြုမည်ဖြစ်ပြီး ယင်းသည် normally closed ဖြစ်နေကာ motor starter 1M နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားပါသည်။ off –delay timer တစ်လုံးအား အသုံးပြုကာ starter 2M အား control လုပ်ပြီး starter 2M အတွက် overload contact အားလည်း တပ်ဆင်ထားသည့်အတွက် ဖိအားမြင့် ပန့်နှင့် air induction blower နှစ်ခုစလုံးတို့၏ လုပ်ဆောင်မှုများအား ရပ်တန့်နိုင်မည်ဖြစ်ပါသည်။ အကယ်၍ 1M overload contact သည် open ဖြစ်သွားခဲ့လျှင် air induction blower motor ၏ လုပ်ဆောင်မှုအား ရပ်တန့်သွားမည်မဟုတ်သည်ကို သတိပြုရပေမည်။ air induction blower motor သည် မရပ်တန့်မီအတွင်း တစ်မိနစ်မျှ ဆက်လက် မောင်းနှင်နေပေလိမ့်မည်။

လျှပ်စီးပတ်လမ်းလုပ်ဆောင်သည့် logic မှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။ thermostat TS1 သည် ယင်း၏ contact အား close လုပ်လိုက်သည့်အခါတွင် coil 1M နှင့် TR တို့သည် energize ဖြစ်ပါမည်။ timer TR သည် off-delay timer ဖြစ်နေသည့်အတွက် contact TR သည် အလျှင်အမြန် close ဖြစ်သွားကာ မော်တာ starter 2M အား energize ဖြစ်စေပါသည်။ thermostat TS1 သည်

ပြန်လည်ကောင်းမွန်သွားချိန်တွင် ယင်း၏ contact အား reopen ဖြစ်သောအခါ သို့မဟုတ် thermostat TR3 သည် ယင်း၏ contact အား open ဖြစ်စေခဲ့လျှင် coil 1M နှင့် TR တို့သည် de-energize ဖြစ်သွားပေမည်။ contact TR သည် starter 2M မှ open ဖြစ်ကာ ပါဂါလိုင်းမှ မပြတ်တောက်မီ တစ်မိနစ်မျှ ဆက်လက် close ဖြစ်နေပေမည်။

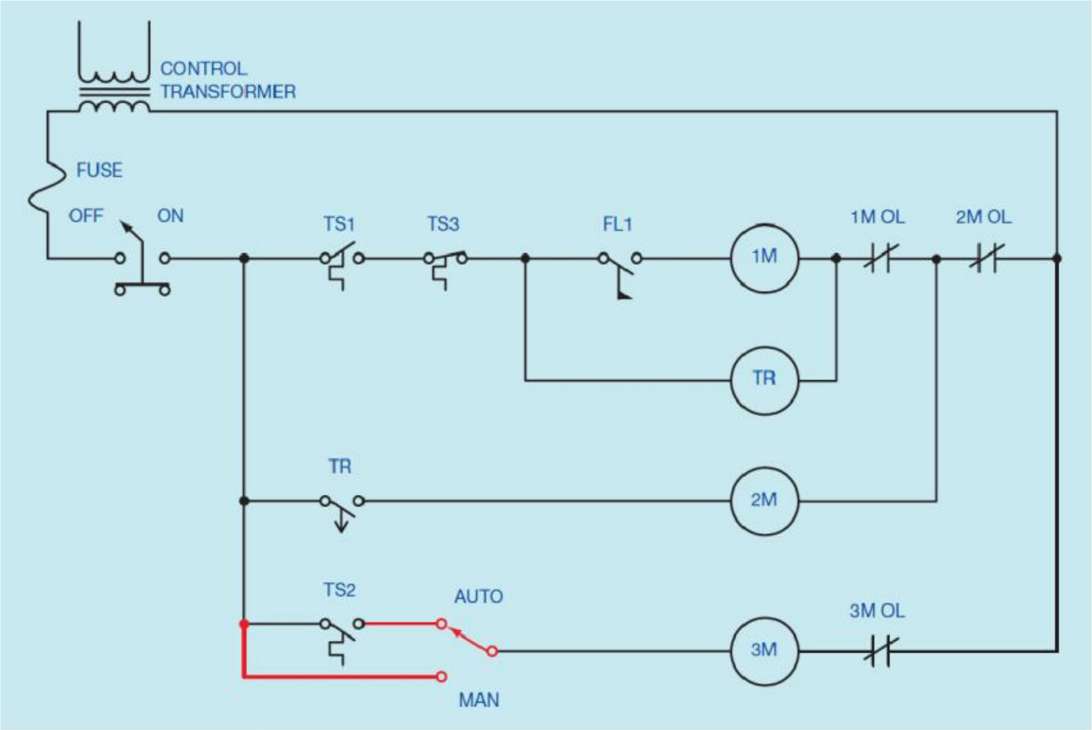
ပုံ ၄၈.၁၂ မှ လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် အခြေခံလျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအတွက် လိုအပ်ချက်များအား ပြည့်စုံနေစေသော်လည်း ပြဿနာအချို့ဖြစ်ပေါ်နိုင်သော အခြေအနေတွင် ရှိပါသည်။ overload contact open ဖြစ်သွားခြင်းထက် ပိုသော အခြားအကြောင်းတစ်စုံတစ်ရာကြောင့် air induction motor ပျက်စီးခဲ့ပါက ဖိအားမြင့် ပန့်မော်တာသည် combustion chamber အတွင်းသို့ လောင်စာဆီများအား ဆက်လက် ပေးပို့နေဦးမည်ဖြစ်ပါသည်။ ထိုသို့သော အခြေအနေကို တားဆီးနိုင်ရန်အတွက် air flow switch FL1 အား လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း ထပ်မံတပ်ဆင်ထားသည်ဖြစ်ရာ ယင်းအား ပုံ ၄၈.၁၃ တွင် မြင်တွေ့နိုင်ပါသည်။ ယင်း flow switch အား ထိုအနေအထားအတိုင်း တပ်ဆင်ထားသည်အတွက် air induction motor မှထုတ်လွှတ်သော လေ၏ ရွေ့လျားမှုအား အာရုံခံနိုင်ပါသည်။



ပုံ ၄၈.၁၃ air flow switch တစ်ခုသည် high pressure burner motor အား control လုပ်ပုံ

Thermostat contact TS1 သည် close ဖြစ်သွားသောအခါတွင် coil TR သည် energize ဖြစ်ကာ contact TR အား close လုပ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် မော်တာ starter 2M အတွက်လျှပ်စီးပတ်လမ်း

ကိုဖြစ်စေပါသည်။ air injection blower စတင်မောင်းနှင်သည့်အခါတွင် flow switch FL1 သည် ယင်း၏ contact အား close ဖြစ်သွားစေကာ ဖိအားမြင့် ပန့်မော်တာအား စတင်မောင်းနှင်စေပါသည်။ air injection blower motor သည် မည်သည့်အကြောင်းကြောင့်မဆို ရပ်တန့်သွားခဲ့လျှင် flow switch FL1 သည် မော်တာ starter 1M အား ပါဂါလိုင်းမှ ဖြတ်တောက်လိုက်ကာ ဖိအားမြင့် ပန့်အား မောင်းနှင်လုပ်ဆောင်နေမှုကို ရပ်တန့်ပစ်လိုက်မည်ဖြစ်ပါသည်။



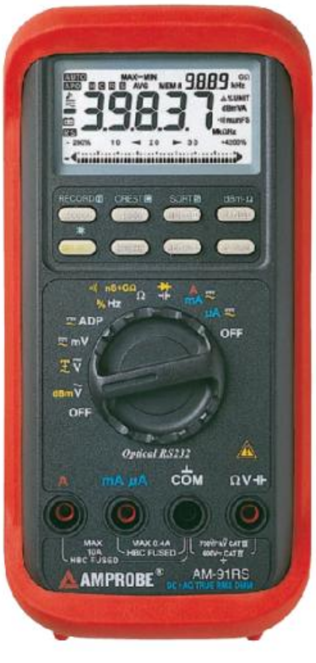
ပုံ ၄၈.၁၄ AUTO-MANUAL switch တစ်လုံးအား blower motor တွင် ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ပုံ

လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် ယခုအခါတွင် စိတ်တိုင်းကျလုပ်ဆောင်နိုင်နေပြီဖြစ်ကာ အဆောက်အဦးပိုင်ရှင်မှ အပူပေးစနစ်အား မသုံးစွဲသည့်အချိန်များတွင် blower အား အဆောက်အဦးအတွင်း လေများ လည်ပတ်မှု ရရှိစေရန်အတွက် အသုံးပြုလိုပါသည်။ ထိုသို့သောအခြေအနေမျိုး ရရှိစေရန် တောင်းဆိုမှုအတွက် ပုံ ၄၈.၁၄ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း AUTO-MANUAL switch တစ်လုံးအား ထပ်မံဖြည့်စွက်လိုက်ပါသည်။ switch သည် AUTO အနေအထားတွင် ရှိနေသောအခါတွင် blower motor အား thermostat TS2 အားဖြင့် control လုပ်ပါသည်။ switch အား MANUAL အနေအထားတွင် ရှိနေသောအခါတွင် starter 3M ၏ ကွိုင်အား ပါဂါလိုင်းနှင့် တိုက်ရိုက်ဆက်သွယ်လိုက်ကာ blower motor အား အပူပေးစနစ်အတွက် သီးသီးသန့်သန့် လုပ်ဆောင်နိုင်စေပါတော့သည်။

အခန်း ၄၉

ပြစ်ချက်များ ရှာဖွေခြင်း

Control လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအနေနဲ့ တစ်ချိန်ချိန်မှာ ပျက်စီးနိုင်တယ်လို့ဆိုပေမယ့် ဘယ်အချိန်မှာ ပျက်မှာလဲ ဆိုတာကတော့ မေးစရာ မေးခွန်းတစ်ခု မဟုတ်ပေ။ စက်ရုံ အလုပ်ရုံတို့တွင် အလုပ်လုပ်ကိုင်လျှက်ရှိသော လျှပ်စစ်ကျွမ်းကျင်ဝန်ထမ်းတို့အတွက် အဓိက လုပ်ငန်းတာဝန်မှာ control လျှပ်စီးပတ်လမ်းများ ချို့ယွင်း ပျက်စီးခဲ့ပါက ပြစ်ချက်များရှာဖွေကာ ပြင်ဆင်ရန်ဖြစ်ပါသည်။ ချို့ယွင်းပျက်စီးနေသော အစိတ်အပိုင်းအား ပြင်ဆင်ခြင်း သို့မဟုတ် အစားထိုးခြင်း များလုပ်ကိုင်နိုင်ရန်အတွက် ပထမဦးစွာ မည်သည့်အစိတ်အပိုင်း ချို့ယွင်းပျက်စီးနေသည်ကို ဆုံးဖြတ်ချက်ချနိုင်ရန်ဖြစ်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ပြစ်ချက်များရှာဖွေမှုပြုရန် လျှပ်စစ်ကျွမ်းကျင်ဝန်ထမ်းများ အသုံးပြုနေကျဖြစ်သော ကရိယာ သုံးခုမှာ ဗို့မီတာ၊ အုမ်းမီတာနှင့် အမ်မီတာတို့ဖြစ်ကြပါသည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ဗို့မီတာနှင့် အုမ်းမီတာ တို့သည် မီတာတစ်ခုတည်းတွင် ပါရှိကြပါသည် (ပုံ ၄၉.၁)။



ပုံ ၄၉.၁ Digital multimeter

ယင်း မီတာများကို multimeter ဟုခေါ်ကြကာ ယင်းတို့သည် မတူကွဲပြားသော electrical quantity များအား တိုင်းတာနိုင်သောကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ အချို့သော လျှပ်စစ်ကျွမ်းကျင် သူတို့သည် plunger type voltage tester များအား အသုံးပြုလိုကြကာ အသုံးပြုရာတွင် ghost voltage များကြောင့် ပျက်စီးမှု မရှိခြင်းကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ အင်ပီးဒန့်စ် မြင့်မားသော ဗို့မီတာများသည် မကြာခဏ ဆိုသလို ဗို့အား ပမာဏအချို့အား feedback ကြောင့်ဖြစ်စေ၊ induction ကြောင့်ဖြစ်စေ ညွှန်ပြလေ့ရှိကြပါသည်။ plunger type voltage tester တို့သည် အင်ပီးဒန့်စ် နိမ့်သောကရိယာများဖြစ်ရာ ယင်းမှ တိုင်းတာမှုပြုလုပ်နိုင်ရန် မီလီအမ်ပီယာပေါင်းများစွာ လိုအပ်ပါသည်။ plunger type voltage tester တို့၏ မကောင်းသောအချက်မှာ ၂၄ဗို့ ကဲ့သို့သော ဗို့အားနိမ့်သည့် control system များအား တိုင်းတာမှုမပြုနိုင်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။

ပုံ ၄၉.၂ (က) analog အမျိုးအစား ထောင်လိုက် scale ပါရှိသော clamp-on ammeter (ခ) analog အမျိုးအစား flat scale ပါရှိသော clamp-on ammeter (ဂ) digital scale ပါရှိသော clamp-on ammeter

အမ်မီတာများအနေဖြင့် ယေဘုယျအားဖြင့် clamp-on အမျိုးအစားကို အသုံးပြုပါသည် (ပုံ ၄၉.၂)။ analog နှင့် digital နှစ်မျိုးစလုံးအား ပုံမှန်အားဖြင့် အသုံးပြုကြပါသည်။ clamp-on အမျိုးအစား အမ်မီတာများ၏ ကောင်းသောအချက်မှာ လိုင်းအတွင်း ထည့်သွင်းတပ်ဆင်အသုံးပြုရာတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်း သဘာဝ အားဖြင့် ပျက်စီးမှုမရှိခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။

ဘေးကင်းလုံခြုံစေရန် ကြိုတင်စီစဉ်ချက်များ

လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ပြစ်ချက်များ ရှာဖွေရာတွင် မကြာခဏ ဆိုသလို လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပါဂါပေးသွင်းရပါသည်။ ထိုသို့ပါဂါပေးသွင်းရန်လိုအပ်လာပါက ဘေးကင်းလုံခြုံစေမှုသည် အလျှင်ဦးစွာ ဦးစားပေးစဉ်းစားရမည့် အချက်တစ်ခုဖြစ်လာပါတော့သည်။ control cabinet တစ်ခုကိုဖြစ်စေ၊ မော်တာ control center module တစ်ခုကိုဖြစ်စေ energize လုပ်ခြင်း သို့မဟုတ် de-energize လုပ်ခြင်း အစရှိသည်တို့အား ပြုလုပ်မည်ဆိုပါက လျှပ်စစ်ကျွမ်းကျင်သူသည် မီးလောင်ဒဏ်ခံနိုင်သော အဂတ်အစား၊ လုံခြုံမှုပြုပေးနိုင်သော မျက်မှန်၊ မျက်နှာအကာ နှင့် မာကျောသော ဦးထုပ် တို့အား ဂတ်ဆင်ရမည် ဖြစ်ပါသည်။ စက်ရုံ၊ အလုပ်ရုံများရှိ မော်တာ control center တို့သည် ယေဘုယျအားဖြင့် arc-fault ဖြစ်ခဲ့ပါက ပေ သုံးဆယ်မျှ အကွာအဝေးရှိ လူအား သေစေနိုင်လောက်သော စွမ်းအင်ကို ထုတ်လွှတ်ပေး နိုင်စွမ်းရှိကြပါသည်။ လေ့လာထားသင့်သော ဥပဒေသ နောက်တစ်ခုမှာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား energize လုပ်သည်ဖြစ်စေ၊ de-energize လုပ်သည်ဖြစ်စေ၊ control cabinet သို့မဟုတ် module ၏ နံဘေးတွင် ကပ်လျှက်ရပ်နေခြင်းဖြစ်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား open လုပ်သောအခါတွင်ဖြစ်စေ၊ close လုပ်သောအခါတွင်ဖြစ်စေ၊ cabinet တံခါး၏ အရှေ့ဖက် တည့်တည့်တွင် ရပ်မနေရပေ။ တိုက်ရိုက်ဖြစ်သော short ဖြစ်သည့်အခြေအနေတစ်ခုသည် cabinet တံခါးအား လွင့်စင်ထွက်သည်အထိ ဖြစ်တတ်ပါသည်။

Cabinet သို့မဟုတ် module တံခါးကို ဖွင့်ပြီးသည်နှင့် ပါဂါမရှိကြောင်းကို ဗို့မီတာအသုံးပြုကာ စစ်ဆေး သင့်ပါသည်။ ပါဂါ off လုပ်ခဲ့ပါက check – test – check ဟူသော လုပ်ကိုင်မှု နည်းစဉ်အား အသုံးပြုကာ သေချာသည်ထက် သေချာစေရန် စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။

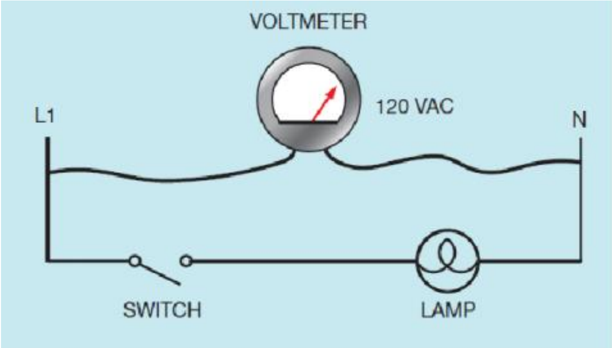
၁။ ဗို့မီတာအား ကောင်းမွန်ကြောင်း မိမိကိုယ်တိုင်သိရှိထားသည့် ဗို့အား source တစ်ခုအား တိုင်းတာခြင်းအားဖြင့် မီတာသည် ကောင်းမွန်စွာ လုပ်ကိုင်နေခြင်း ရှိမရှိအား သိရှိနိုင်စေပါသည်။

၂။ လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ ဗို့အား ကို စစ်ဆေးခြင်းအားဖြင့် ယင်းသည် off ဖြစ်နေသည်ကို သေချာစေပါသည်။

၃။ ဗို့မီတာတစ်ခု ကောင်းမွန်ကြောင်း မိမိကိုယ်တိုင် သိရှိထားသည့် ဗို့အား source အား ထပ်မံ တိုင်းတာခြင်းအားဖြင့် မီတာသည် ကောင်းမွန်စွာ လုပ်ဆောင်နေသေးကြောင်းကို သိရှိရစေပါသည်။

ဗို့မီတာ အခြေခံ

ဗို့အား ဆိုသည်မှာ လျှပ်စစ်နှင့်သက်ဆိုင်သော ဖိအား တစ်ခုပင်ဖြစ်ပါသည်။ ဗို့မီတာသည် အမှတ်နှစ်ခုအကြားတွင် ရှိသော potential (ဗို့အား) ပမာဏအား ညွှန်ပြနိုင်ကာ ထိုသို့ညွှန်ပြမှုသည် အမှတ်နှစ်ခုအကြားရှိနေသော ဖိအား ကွာဟမှုအား pressure gauge မှ ညွှန်ပြမှုနှင့် သဘောအတူတူ ပင်ဖြစ်ပါသည်။ ပုံ ၄၉.၃ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် L1 နှင့် N အကြားတွင် ရှိနေသော ဗို့အား ၁၂၀ ဗို့ရှိနေသည်ဟု ယူဆကြပါစို့။ ဗို့မီတာ၏ leads များအား L1 နှင့် N အကြားတွင် ဆက်သွယ်လိုက်ပါက မီတာသည် ၁၂၀ ဗို့ကို ညွှန်ပြပေမည်။
ယခုအခါတွင် ဗို့မီတာ၏ leads များအား ပုံ ၄၉.၄ အတိုင်း မီးသီးတစ်လုံးတွင် ချိတ်ဆက်ထားပါသည်။

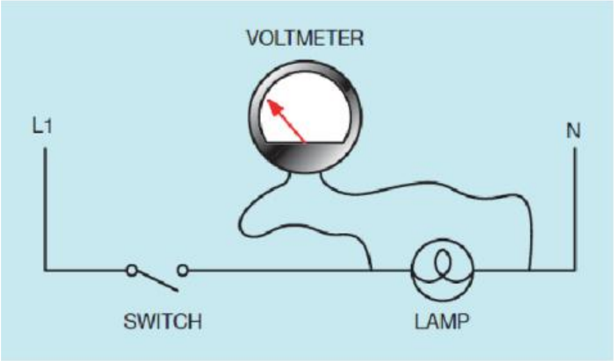


ပုံ ၄၉.၃ voltmeter ဖြင့် အမှတ်နှစ်ခုအကြားရှိ electrical pressure ကို တိုင်းတာပုံ

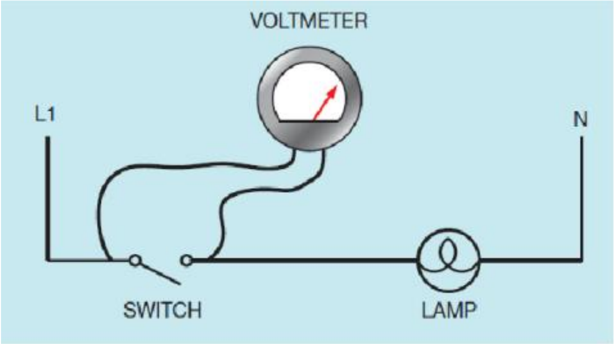
မေးခွန်း ၁။ မီးသီး၏ မီးစာ နန်းမျှင်သည် အကောင်းအတိုင်းရှိနေပါက ဗို့မီတာမှ သုညဗို့အား၊ ၁၂၀ ဗို့အား၊ သို့မဟုတ် သုညနှင့် ၁၂၀ ဗို့အားပမာဏ တို့အကြားရှိ မည်သည့် ဗို့အားပမာဏ တစ်ခုခု အား ညွှန်ပြနေပါမည်နည်း။

အဖြေ။ ဗို့မီတာသည် သုညဗို့ကို သာ ညွှန်ပြနေပေမည်။ ပုံ ၄၉.၄ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် ခလုတ်နှင့် မီးသီးတို့သည် တန်းဆက် ဆက်နေပေသည်။ တန်းဆက်လျှပ်စီးပတ်လမ်းများအတွက် ဥပဒေသ တစ်ခုမှာ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း တပ်ဆင်ထားသော ပစ္စည်း တစ်ခုစီတွင် ဆုံးရှုံးသော ဗို့အားပမာဏ တို့သည် ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပေးသည့် ဗို့အားရင်းမြစ်၏ ပမာဏ နှင့် တူညီရပေမည်။ ယင်း ပစ္စည်း တစ်ခုစီတစ်ခုစီတွင် ဆုံးရှုံးသော ဗို့အားသည် ယင်းပစ္စည်းများ၏ ခုခံမှုနှင့် ယင်းပစ္စည်းတို့အတွင်း

ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသော လျှပ်စီး တို့နှင့် အချိုးကျပါသည်။ ယခု ဥပမာတွင် ခလုတ်သည် open ဖြစ်နေသည့်အတွက် မီးသီးအတွင်း မည်သည့်လျှပ်စီးမှု စီးဆင်းမည်မဟုတ်သောကြောင့် မီးသီး၏ မီးစာတွင် မည်သည့်ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုမှ မဖြစ်ပေါ်ပေ။



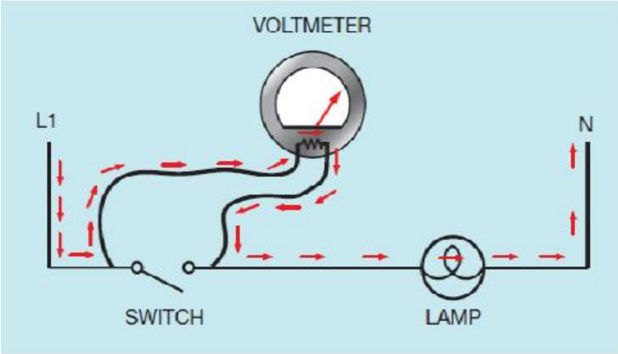
ပုံ ၄၉.၄ voltmeter ကို မီးသီး ကို ခွလျှက် တပ်ဆင်ထားပုံ



ပုံ ၄၉.၅ voltmeter ကို switch ကို ခွ၍ တပ်ဆင်ထားပုံ

မေးခွန်း ၂။ ဗို့မီတာ အား ပုံ ၄၉.၅ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း ခလုတ်တစ်ခုအား ခွလျှက် ချိတ်ဆက်ထားခဲ့ပါက ဗို့မီတာမှ သုညဗို့အား၊ ၁၂၀ ဗို့အား၊ သို့မဟုတ် သုညနှင့် ၁၂၀ ဗို့အားပမာဏ တို့အကြားရှိ မည်သည့် ဗို့အားပမာဏ တစ်ခုခု အား ညွှန်ပြနေပါမည်နည်း။

အဖြေ။ ဗို့မီတာမှ ဗို့အား ၁၂၀ ဗို့အား ညွှန်ပြပါမည်။ ခလုတ်သည် open circuit ဖြစ်နေသည့်အတွက် ယင်းအနေအထားတွင် ခုခံမှုသည် infinite ဖြစ်နေကာ ယင်းတန်ဖိုးသည် မီးသီးမှ မီးစာ၏ ခုခံမှုထက် အဆပေါင်း သန်းပေါင်းများစွာ ကြီးမားပါသည်။ ဗို့အားသည် လျှပ်စစ်နှင့်သက်ဆိုင်သော ဖိအားဖြစ်ပေသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးသည် ဗို့မီတာနှင့် မီးသီး၏ မီးစာ တို့ကိုသာ ပုံ ၄၉.၆ အတိုင်း စီးဆင်းပေမည်။



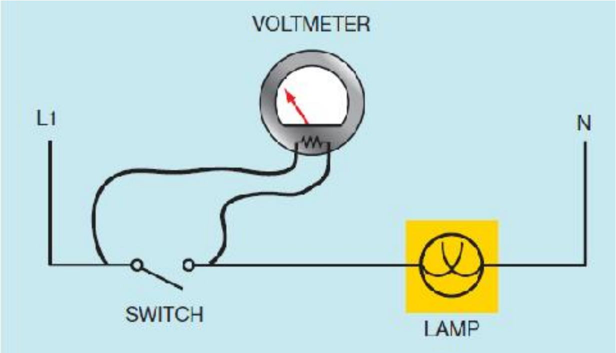
ပုံ ၄၉.၆ voltmeter နှင့် မီးသီး၏ နန်းမျှင် အတွင်းသို့ ဖြတ်သန်းသွားသော လျှပ်စီးလမ်းကြောင်း

မေးခွန်း ၃။ တန်းဆက်လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုတွင် စုစုပေါင်း ဗို့အား သို့မဟုတ် လျှပ်စီးပတ်လမ်းသို့ပေးသော ဗို့အားသည် ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်းတပ်ဆင်ထားသော ပစ္စည်းတစ်ခုစီတွင် ဆုံးရှုံးသော ဗို့အားများ ပေါင်းလဒ်နှင့် တူညီသည်ဆိုပါက အဘယ်ကြောင့် ဗို့မီတာခုခံမှုတွင်သာ ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှု အားလုံးဖြစ်ပေါ်ပြီး မီးသီး၏ မီးစာတွင် မည်သည့်ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုမျှ မဖြစ်ပေါ်ပါသနည်း။

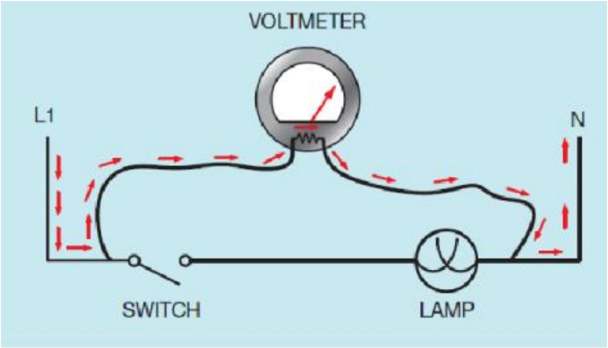
အဖြေ။ မီးသီး၏ မီးစာတွင် ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှု အနည်းငယ်မျှ ဖြစ်ပေါ်ပါမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဗို့မီတာမှ လျှပ်စီး သည် ယင်းအတွင်း ဖြတ်သန်းစီးဆင်းခြင်းကြောင့်ဖြစ်ပါသည်။ ယင်း မီးစာ တွင်ဖြစ်ပေါ်သော ဗို့အားဆုံးရှုံးမှု ပမာဏသည် ဗို့မီတာတွင်ဖြစ်ပေါ်သော ဗို့အားဆုံးရှုံးမှုနှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက အလွန်သေးငယ်သည့်အတွက် ယေဘုယျအားဖြင့် သုည ဗို့ ဟုသာ ယူဆကြပါသည်။ မီးသီး၏ မီးစာတွင် ခုခံအား ၅၀ အုမ်းမျှ ရှိသည်ဟု ယူဆလိုက်ပါ။ ဗို့မီတာသည် digital မီတာတစ်လုံးဖြစ်ကာ ယင်း၏ ခုခံမှုသည် ၁၀ ၀၀၀ ၀၀၀ အုမ်းမျှရှိသည်ဟု ယူဆပါ။ စုစုပေါင်း လျှပ်စီးပတ်လမ်း၏ ခုခံမှုသည် ၁၀ ၀၀၀ ၀၅၀ အုမ်းမျှ ရှိပေမည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွင်း စီးဆင်းမည့် လျှပ်စီးပမာဏသည် ၀.၀၀၀ ၀၁၁ ၉၉၉ အမ်ပီယာ (၁၂၀/၁၀ ၀၀၀ ၀၅၀) သို့မဟုတ် ၁၂ မိုက်ခရို အမ်ပီယာ ဖြစ်ပေမည်။ မီးသီး၏ မီးစာတွင် ဖြစ်ပေါ်သော ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုသည် ၀.၀၀၀၆ ဗို့ သို့မဟုတ် ၀.၆ မီလီဗို့ (၅၀ အုမ်း x ၁၂ မိုက်ခရို အမ်ပီယာ) ဖြစ်ပေမည်။

မေးခွန်း ၄။ ယခုအခါတွင် မီးသီး၏ မီးစာသည် open သို့မဟုတ် လောင်ကျွမ်း ပြတ်တောက်သွားခဲ့သည်ဟု ယူဆပါ။ ပုံ ၄၉.၇ တွင်ပြသထားသော ဗို့မီတာမှ သုညဗို့အား၊ ၁၂၀ ဗို့အား၊ သို့မဟုတ် သုညနှင့် ၁၂၀ ဗို့အားပမာဏ တို့အကြားရှိ မည်သည့် ဗို့အားပမာဏ တစ်ခုခု အား ညွှန်ပြနေပါမည်နည်း။

အဖြေ။ ဗို့မီတာမှ သုည ဗို့အားကိုသာ ညွှန်ပြပေမည်။ မီးစာသည် open သို့မဟုတ် လောင်ကျွမ်း ပြတ်တောက်သွားခဲ့သည်ဟု ယူဆခဲ့ပါက ဗို့မီတာအတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်းသည် မရှိတော့သောကြောင့် ဗို့မီတာမှ သုညဗို့ကိုသာ ညွှန်ပြပေတော့မည်။ ဗို့မီတာမှ ဗို့အား ပမာဏအား ဖော်ပြရန်အတွက်မှာ ပစ္စည်း နှစ်ခုစလုံးအား ဆက်သွယ်ရမည်ဖြစ်ကာ ထိုသို့ဆက်သွယ်ခြင်းအားဖြင့် L1 နှင့် N အကြားတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်း အပြည့်ရှိနေပေမည်။



ပုံ ၄၉.၇ မီးသီး၏ နန်းမျှင်သည် လောင်ကျွမ်းကာ open ဖြစ်နေပုံ

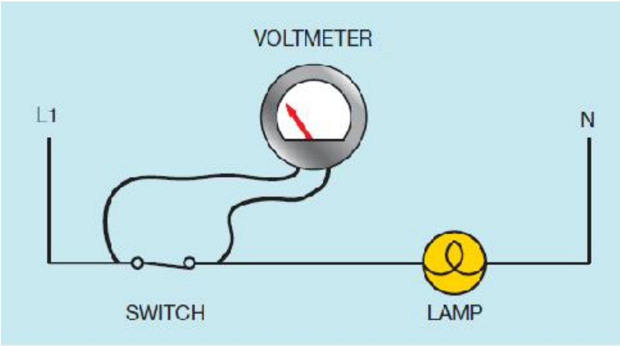


ပုံ ၄၉.၈ voltmeter ကို component နှစ်ခုစလုံးအား ခွလျှက်တပ်ဆင်ပုံ

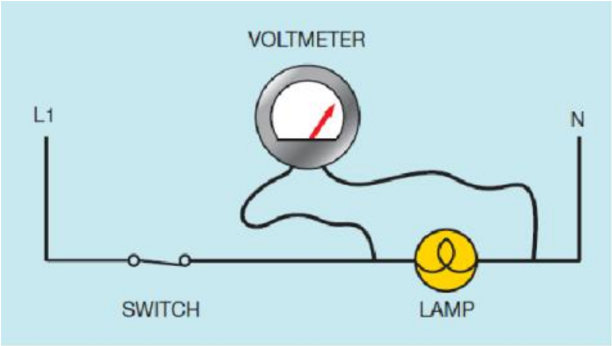
မေးခွန်း ၅။ မီးစာသည် open သို့မဟုတ် လောင်ကျွမ်း ပြတ်တောက်သွားခဲ့ခြင်းမရှိခဲ့ကာ ခလုတ်မှာလည်း closed သို့မဟုတ် turned on ဖြစ်နေပါသည်။ ဗို့မီတာကို ခလုတ်အား ခွလျှက် ချိတ်ဆက်ထား ခဲ့သည်ဖြစ်သော် ဗို့မီတာမှ သုညဗို့အား၊ ၁၂၀ ဗို့အား၊ သို့မဟုတ် သုညနှင့် ၁၂၀ ဗို့အားပမာဏ တို့အကြားရှိ မည်သည့် ဗို့အားပမာဏ တစ်ခုခု အား ညွှန်ပြနေပါမည်နည်း (ပုံ ၄၉.၉)။

အဖြေ။ ဗို့မီတာမှ သုည ဗို့အားကို ညွှန်ပြပေမည်။ ယခုအခါတွင် ခလုတ်သည် close ဖြစ်နေသောကြောင့် contact resistance သည် အလွန်သေးငယ်ကာ မီးသီး၏ မီးစာမှာလည်း ခလုတ်ထက် ပိုမိုများပြားမြင့်မား

သော ခုခံမှုကို ပြသနေပါသည်။ လက်တွေ့အားဖြင့် အားလုံးသော ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုတို့သည် မီးသီး၏ မီးစာတွင်သာ ဖြစ်ပေါ်နေပေတော့မည်ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၉.၁၀)။



ပုံ ၄၉.၉ swith သည် turn on သို့မဟုတ် closed ဖြစ်နေပုံ



ပုံ ၄၉.၁၀ လက်တွေ့အားဖြင့် မီးသီးတွင် ဗို့အား ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်နေပုံ

စမ်းသပ်စစ်ဆေးခြင်း လုပ်ငန်းစဉ် ဥပမာ ၁

လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ပြစ်ချက်ရှာဖွေရာတွင် ဖြစ်ပေါ်လာသောပြဿနာ အမျိုးအစားပေါ်မူတည်ကာ အသုံးပြုမည့် စစ်ဆေးမှုလုပ်ငန်းစဉ်အား ဆုံးဖြတ်ရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် overload relay တစ်ခုသည် အကြိမ်ပေါင်းများစွာ trip ဖြစ်ပါသည်။ ပထမအဆင့်အနေဖြင့် မည်သည့်အတွက်ကြောင့် ယင်းပြဿနာဖြစ်သည်ကို စဉ်းစားရန်ဖြစ်ပါသည်။ overload relay သည် thermal type ဖြစ်ခဲ့ပါက အပူထွက်လာနိုင်သောအကြောင်းအရာသည် ပြဿနာဖြစ်လာစေသည့် အနေအထားဖြစ်ပါသည်။ overload relay သည် မည်သည့်အတွက်ကြောင့် အပူလွန်ကဲမှုဖြစ်ရသည်ကို စိတ်ဖြင့် မှတ်ချက်များပြုပါမည်။

၁။ မော်တာလျှပ်စီး လွန်ကဲစွာ စီးနေခြင်းကြောင့်

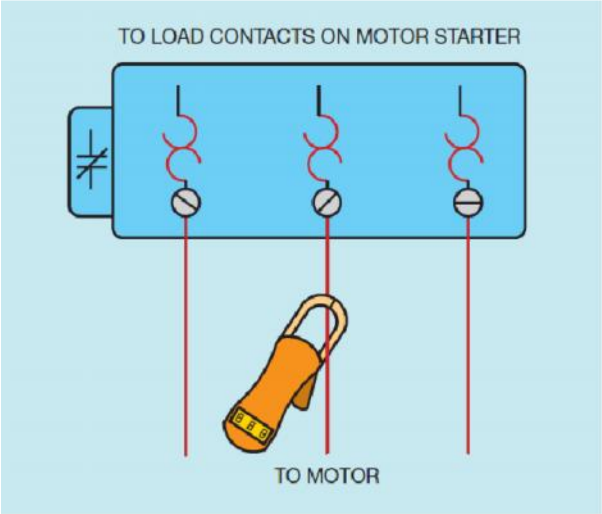
၂။ ပတ်ဝန်းကျင်လေထုအပူချိန် မြင့်မားနေမှုကြောင့်

၃။ အဆက်များ ချောင်နေ၊ လွတ်နေခြင်းကြောင့်

၄။ ဂါယာအရွယ်အစား မမှန်ကန်မှုကြောင့်

မော်တာသည် ပြဿနာကင်းစွာဖြင့် အချိန်အတိုင်းအတာ တစ်ခုမျှအထိ လည်ပတ်လုပ်ဆောင်နေခဲ့ပါက ဂါယာအရွယ်အစားအား ဖြစ်နိုင်သည့်အကြောင်းအချက်များအတွင်းမှ ဖယ်ထုတ်နိုင်ပါသည်။ အကယ်၍ အသစ်တပ်ဆင်မှုမျိုးဖြစ်ခဲ့ပါက ယင်းအချက်အား ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်ဖြစ်ပါသည်။

Overload relay များသည် မော်တာတွင် လျှပ်စီးလွန်ကဲမှုဖြစ်ပေါ်လာသောအခါတွင် မော်တာအား ပါဝါလိုင်း မှ ဖြတ်တောက်ပစ်ရန် ရည်ရွယ်တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြစ်ကာ မော်တာအားလည်း မည်သည့် အတွက် ကြောင့် လျှပ်စီးပိုမိုလွန်ကဲမှုဖြစ်ပေါ်ရခြင်းကို စစ်ဆေးပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။ ပထမဦးစွာ မော်တာ ၏ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော ပုံမှန် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏအား ကြည့်ရှုဆုံးဖြတ်ပေးရပါမည်။ နောက်အဆင့်အနေဖြင့် overload relay ၏ ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏ၏ ရာခိုင်နှုန်းအား ဆုံးဖြတ်ရပါမည်။

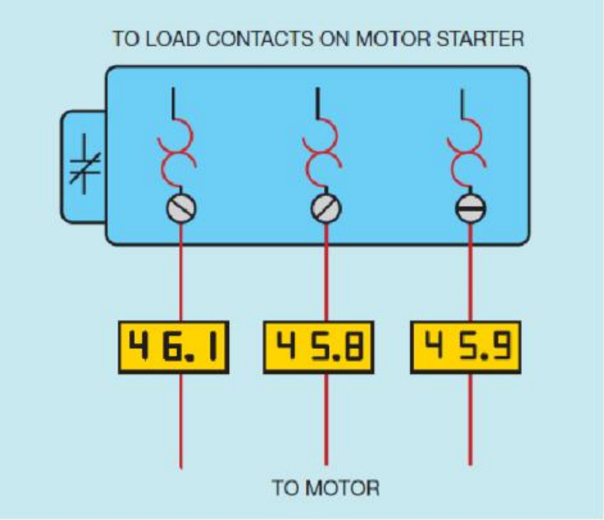


ပုံ ၄၉.၁၁ မော်တာလျှပ်စီးအား clamp-on ammeter အသုံးပြုကာ စစ်ဆေးပုံ

ဥပမာ။ မော်တာတစ်လုံး၏ nameplate တွင် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီးအား ၄၆ အမ်ပီယာဟု ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်း nameplate မှာပင် မော်တာ၏ service factor သည် ၁.၁၅ ဟု ဖော်ပြထားပါ သည်။ the National Electrical Code (NEC) မှ overload အတွက် ဝန်အားပြည့်လျှပ်စီး၏ ၁၁၅%

ရှိချိန်တွင် trip လုပ်ရန်အတွက် ညှိန်ကြားထားပါသည်။ overload heater အား ၅၂.၉ အမ်ပီယာ (၄၆ x ၁.၁၅) ဟု အရွယ်အစား သတ်မှတ်သင့်ပါသည်။

နောက်အဆင့်တွင်မူ မော်တာလည်ပတ်နေစဉ် စီးဆင်းသည့်လျှပ်စီးအား အမ်မီတာတစ်လုံးဖြင့် စစ်ဆေးရန်ဖြစ်ပါသည်။ ထိုသို့ တိုင်းတာခြင်းသည် ယေဘုယျအားဖြင့် overload relay မှ အသုံးပြုသော လျှပ်စီးအား တပါတည်း တိုင်းတာလိုက်သကဲ့သို့ဖြစ်ပါသည် (ပုံ ၄၉.၁၁)။ phase တစ်ခုစီတွင် ရှိသော လျှပ်စီးပမာဏအား တိုင်းတာပါမည်။ မော်တာသည် ကောင်းမွန်စွာ လည်ပတ်လုပ်ဆောင်နေပါက ဖတ်ရှုရရှိသော တန်ဖိုးသည် အတိအကျ တူညီနေမည်မဟုတ်သော်လည်း ဂန်အားဖြင့် မောင်းနှင်သည့်အခါ တွင်မူ ဂန်အားပြည့်လျှပ်စီးပမာဏနှင့် တူညီလုနီးပါးသို့ရောက်ရှိကာ phase တစ်ခုစီရှိလျှပ်စီးပမာဏ တို့မှာ လည်း တူလုတူခင်အနေအထားရှိနေပေမည်။ ပုံ ၄၉.၁၂ တွင်ဖော်ပြထားသော ဥပမာတွင် phase ၁ တွင် ၄၆.၁ အမ်ပီယာရှိနေပြီး phase ၂ တွင် ၄၅.၈ အမ်ပီယာရှိနေကာ phase ၃ တွင်မူ ၄၅.၉ အမ်ပီယာစီးဆင်းနေပေသည်။ ယင်းတန်ဖိုးတို့သည် မော်တာ ပုံမှန်လည်ပတ်မောင်းနှင်နေသည်ကို ညွှန်ပြနေပေသည်။ အမ်မီတာမှလည်း မော်တာသည် ပုံမှန်အတိုင်း လည်ပတ်မောင်းနှင်နေသည်ဟု ညွှန်ပြနေသည်ဖြစ်ရာ အခြားသော အပူဖြစ်ပေါ်လာနိုင်ခြေရှိသော အကြောင်းအရာများအား ထပ်မံစဉ်းစား ရပေတော့မည်။ ပါဝါကို turn off လုပ်ပြီးနောက်တွင် ဆက်သွယ်မှုနေရာအားလုံးအား ကောင်းမွန်သေချာ ခိုင်မြဲစွာ ဆက်သွယ်မှု ရှိမရှိအား စစ်ဆေးပါမည်။ ဆက်သွယ်ရာတွင် ခိုင်မြဲမှု မရှိခဲ့ပါက အပူများစွာ ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်ပြီး ယင်းသို့သော ခိုင်မြဲမှုမရှိသော အဆက်သည် overload relay နှင့် နီးနေပါက relay အား trip ဖြစ်စေပါသည်။



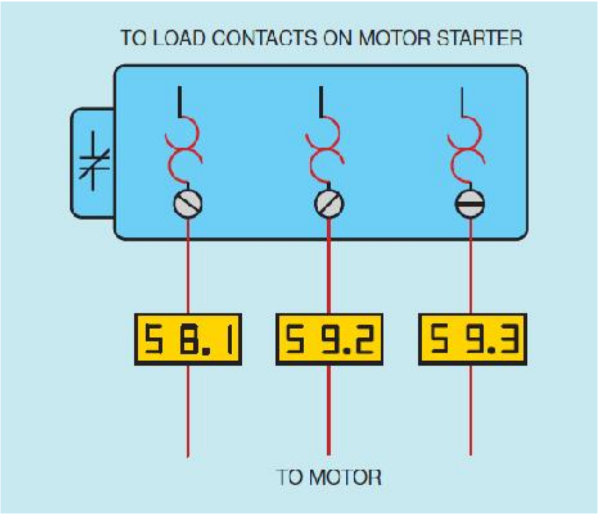
ပုံ ၄၉.၁၂ ammeter မှ မော်တာ ကောင်းမွန်စွာ မောင်းနှင်လုပ်ကိုင်နေသည်ကို ပြသနေပုံ

နောက်တစ်ချက်အနေဖြင့် စဉ်းစားရမည်မှာ ပတ်ဝန်းကျင်ရှိ အပူချိန်ဖြစ်ပါသည်။ overload relay သည် အပူချိန်မြင့်မားစွာဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သော နေရာမျိုးတွင် ရှိနေပါက ယင်းလွန်ကဲသော အပူတို့သည် overload relay အား အချိန်မတိုင်မီတွင် trip ဖြစ်စေပါသည်။ ထိုသို့ဖြစ်ပေါ်ခဲ့ပါက ပုံ ၄၉.၁၃ တွင်ဖော်ပြထားသော bimetal strip type overload relay များတွင် အမြဲလိုလို ပိုမိုမြင့်မားသော setting ကို ထားရှိခြင်းအားဖြင့် ပြင်ပလေထုအပူချိန်မြင့်မားသော ပြဿနာအား ဖြေရှင်းနိုင်ပါသည်။ အကယ်၍ overload relay သည် solder melting အမျိုးအစားဖြစ်နေခဲ့ပါက ယင်းသို့သော ပြဿနာအားဖြေရှင်းရာတွင် heater အရွယ်အစားအား ပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် ဖြစ်စေ၊ သို့မဟုတ် အအေးဓါတ်ပေးနိုင်သော ပစ္စည်းတစ်ခုခု (ဥပမာအားဖြင့် ပန်ကာ အသေးတစ်လုံး) အား ထပ်မံတပ်ဆင်ခြင်းဖြင့်ဖြစ်စေ ဖြေရှင်းနိုင်ပါသည်။ အကယ်၍ အပူဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သော source သည် ပြဿနာဖြစ်စေသော အကြောင်း မဟုတ်ခဲ့ပါက overload relay ကိုယ်၌ပင်လျှင် စက်ပိုင်းဆိုင်ရာ ပျက်စီးမှုဖြစ်နေသည်ဟုယူဆကာ အစားထိုးတပ်ဆင်ပေးရမည်ဖြစ်ပါသည်။

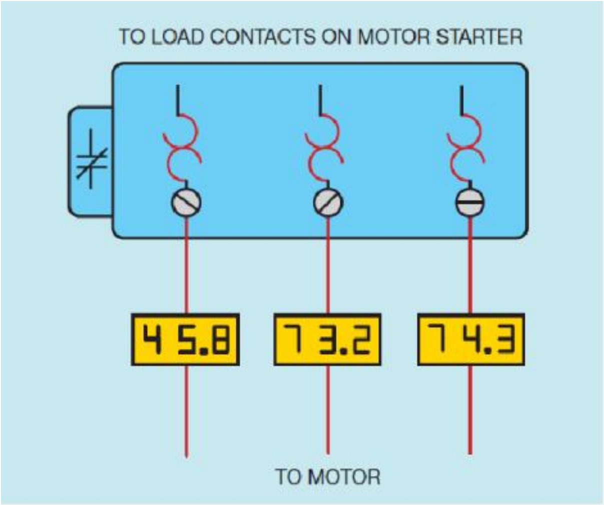
ပုံ ၄၉.၁၃ မြင့်မားသော လျှပ်စီးတန်ဖိုးများအား bimetal strip အမျိုးအစား overload relay အသုံးပြုကာ တိုင်းတာစစ်ဆေးနိုင်ပါသည်။

ယခုအချိန်တွင် အမ်မီတာသည် phase သုံးခုစလုံးတွင် အလွန်မြင့်မားသော လျှပ်စီးကို ပြသနေသည်ဟု ယူဆကြပါစို့။ ပုံ ၄၉.၁၄ တွင်ပြသထားသော ဥပမာတွင် phase ၁ တွင် လျှပ်စီး စီးဆင်းမှုသည် ၅၈.၁

အမ်ပီယာရှိကာ phase ၂ တွင်မှ လျှပ်စီး ၅၉.၂ အမ်ပီယာ စီးဆင်းပြီး phase ၃ တွင်မှ လျှပ်စီး ၅၉.၃ အမ်ပီယာ စီးဆင်းလျှက်ရှိပါသည်။ nameplate တွင်ဖော်ပြထားသော ယင်းမော်တာအတွက် ဝန်အားပြည့် လျှပ်စီး ပမာဏ သည် ၄၆ အမ်ပီယာဖြစ်ပါသည်။ ယင်းတန်ဖိုးများက မော်တာသည် ဝန်အားပို သုံးစွဲနေသည်ဟု ယူဆရနိုင်ပါသည်။ မော်တာနှင့် ဝန်အား တို့အား စစ်ဆေးပေးရမည်ဖြစ်ကာ ယင်းတို့တွင် bearing မကောင်းဖြစ်နေခြင်း၊ သို့မဟုတ် break တွင် အပြစ်ဖြစ်နေနိုင်ခြင်း အစရှိသည့် စက်မှုပိုင်းဆိုင်ရာ ချို့ယွင်းချက်များလည်းဖြစ်နိုင်ခြေရှိပါသည်။



ပုံ ၄၉.၁၄ မော်တာ overload ဖြစ်နေကြောင်းကို ammeter မှ ပြသနေပုံ



ပုံ ၄၉.၁၅ မော်တာတွင် shorted winding ပါရှိကြောင်းကို ammeter မှ ပြသသော တန်ဖိုးဖြင့် သိရှိရပုံ

ယခုအခါတွင် အမ်မီတာသည် phase တစ်ခုတွင် ပုံမှန်ပြနေကာ အခြား phase နှစ်ခုတွင် ပိုလွန်သော လျှပ်စီးပမာဏ ကို ပြသနေပါသည်။ ပုံ ၄၉.၁၅ တွင် ပြသထားသော ဥပမာတွင် phase ၁ တွင် လျှပ်စီးပမာဏ ၄၅.၈ အမ်ပီယာ စီးဆင်းလျှက်ရှိကာ phase ၂ တွင် လျှပ်စီး ၇၃.၂ အမ်ပီယာ စီးဆင်းလျှက် phase ၃ တွင်မူ ၇၄.၃ အမ်ပီယာ စီးဆင်းလျှက်ရှိနေပါသည်။ phase နှစ်ခုတွင် အတော်အတန် မြင့်မားသော လျှပ်စီး တို့သည် စီးဆင်းလျှက်ရှိကြရာ ယင်းအခြေအနေသည် မော်တာတွင် shorted winding ဖြစ်နေနိုင်သည့် အခြေအနေမျိုးဖြစ်ပါသည်။ အကယ်၍ phase ၂ ခုတွင် ပုံမှန် လျှပ်စီးပမာဏ ရှိနေကာ phase တစ်ခုတည်းတွင်သာ အလွန်မြင့်မားနေပါက ယင်းသို့ဖြစ်ခြင်းသည် မော်တာတွင် phase တစ်ခုမှ ground ကျနေသည့် အနေအထားမျိုးပင်ဖြစ်ပါသည်။

စမ်းသပ်စစ်ဆေးခြင်း လုပ်ငန်းစဉ် ဥပမာ ၂

ပုံ ၄၉.၁၆ တွင် ပြသထားသော လျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် electrical နှင့် mechanical interlock များ ပါဝင်သော reversing starter တစ်လုံးအားပြသထားပါသည်။ double acting push button များအား အသုံးပြုကာ အခြား contactor တစ်လုံးအတွက် start button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် contactor တစ်လုံးအား disconnect ဖြစ်စေရန်အတွက် အသုံးပြုပါသည်။ မော်တာသည် forward ဦးတည်ရာဖြင့် မောင်းနှင်နေသည်ဆိုပါစို့၊ REVERSE push button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် forward contactor သည် de-energize ဖြစ်သွားမည်ဖြစ်သော်လည်း reverse contactor သည် အလုပ် လုပ်မည်မဟုတ်ပေ။ အကယ်၍ FORWARD push button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် မော်တာသည် forward ဦးတည်ရာဖြင့် ပြန်လည် စတင်မောင်းနှင်ပေမည်။

ယင်း ပြဿနာအား ပြစ်ချက်ရှာဖွေမည်ဆိုပါက ထိုသို့ ပြစ်ချက် ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သော အချက်များအား ကိုယ်ပိုင် မှတ်စုလေးတစ်ခု အောက်ပါအတိုင်းပြုစုသင့်ပေသည်။

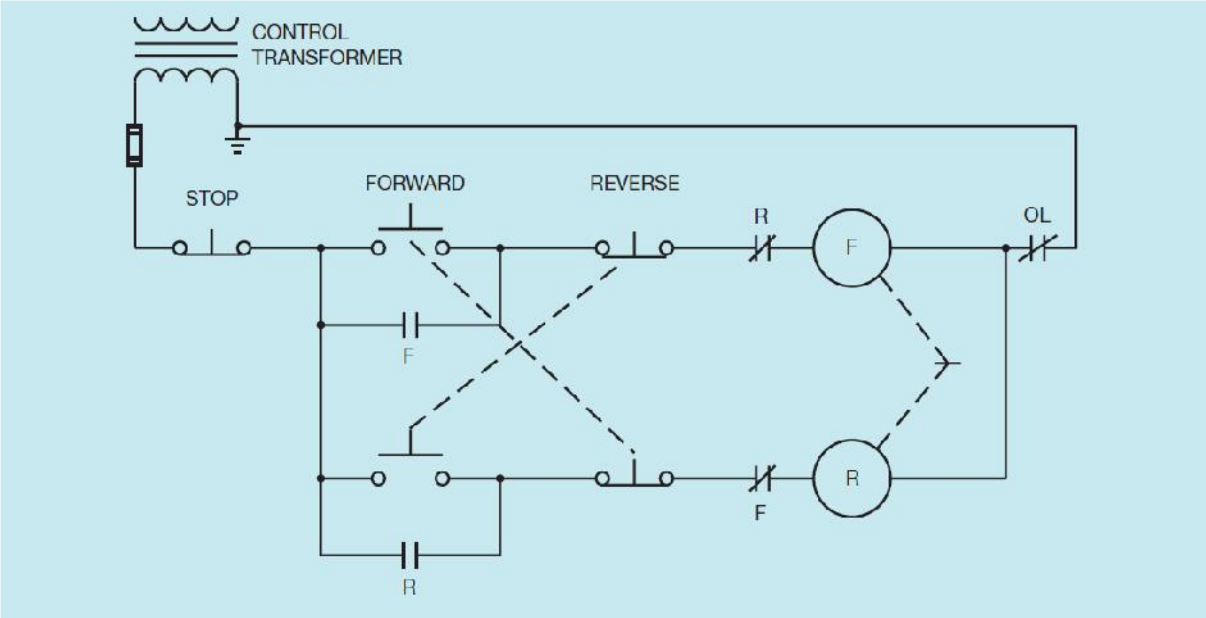
၁။ reverse contactor ကွိုင်သည် ပျက်စီးနေခြင်း

၂။ ပုံမှန်အားဖြင့် closed ဖြစ်နေသော F auxiliary contact သည် open ဖြစ်နေခြင်း

၃။ FORWARD push button ၏ ပုံမှန်အားဖြင့် closed ဖြစ်နေသော အပိုင်းသည် open ဖြစ်နေခြင်း

၄။ REVERSE push button ၏ ပုံမှန်အားဖြင့် open ဖြစ်နေသော အပိုင်းသည် ဖိလိုက်သောအခါတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်း အပြည့် မရရှိခြင်း

၅။ forward နှင့် reverse contactor တို့အကြားရှိ mechanical link သည် ပျက်စီးနေခြင်း



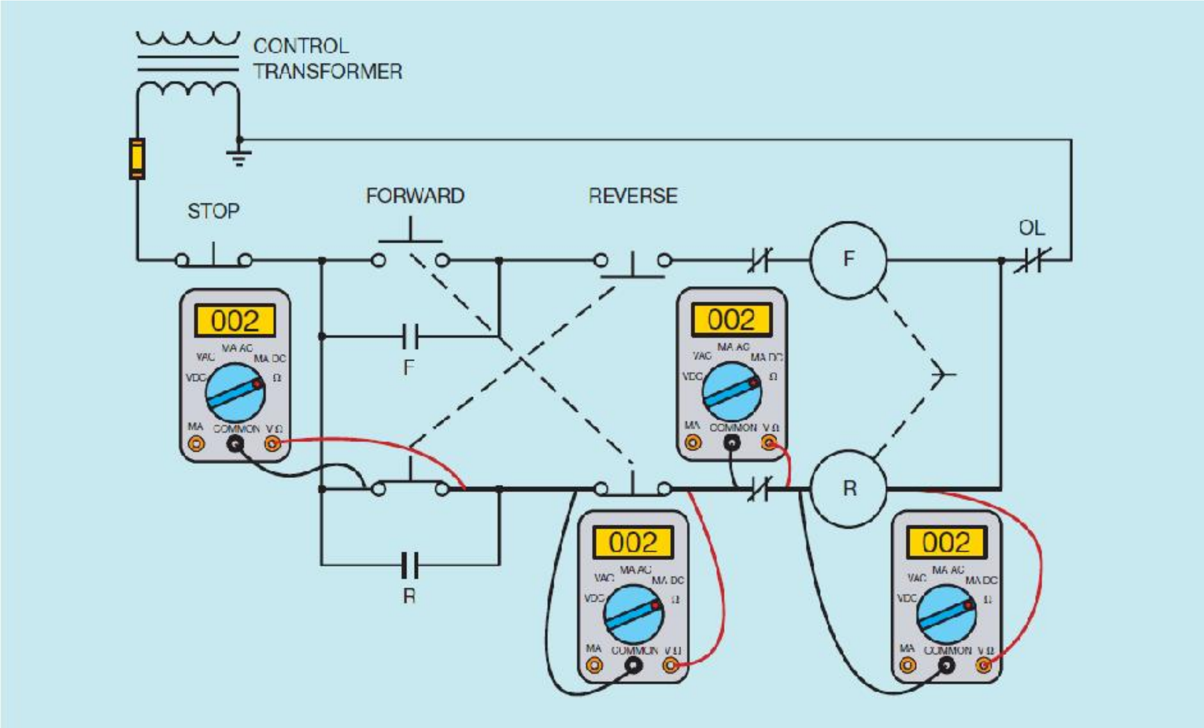
ပုံ ၄၉.၁၆ interlock များပါရှိသော reversing starter

ထို့အပြင် ထိုသို့သော ပြဿနာမျိုးအား မဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သော အချက်များအား လည်း မှတ်သားထားသင့်ပါသည်။

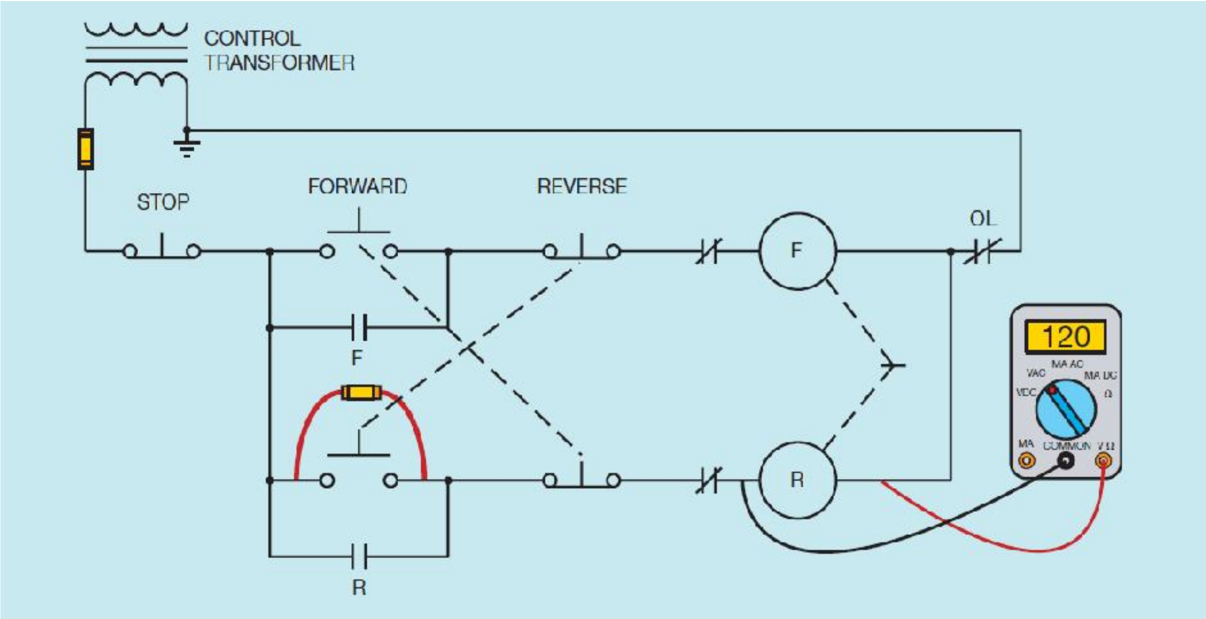
၁။ STOP button သည် open ဖြစ်နေခြင်း (အကယ်၍ STOP button သည် open ဖြစ်နေခဲ့ကာ မော်တာသည် forward ဦးတည်ရာဖြင့် လည်ပတ်မှု မရှိပေ။)

၂။ overload contact သည် open ဖြစ်နေခြင်း (ထိုသို့ အမှန်တစ်ကယ်ဖြစ်နေခဲ့ပါက မော်တာသည် forward ဦးတည်ရာဖြင့် လည်ပတ်မှုမရှိပေ။)

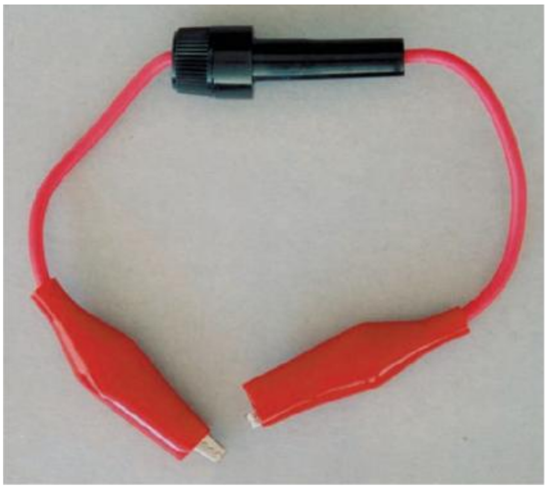
လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား စတင်စစ်ဆေးမှုပြုရာတွင် အုမ်းမီတာတစ်လုံးအား အသုံးပြုကာ components များအတွင်း လျှပ်စီးပတ်လမ်းအပြည့်ရှိမှုအား စစ်ဆေး ဆုံးဖြတ်ပါမည်။ အုမ်းမီတာအား အသုံးပြုရာတွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ပါဝါအား ဖြတ်တောက်ထားမှု ရှိကြောင်းသေချာစွာ စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။ control လျှပ်စီးပတ်လမ်းများစွာအတွက် အသုံးပြုရန် ကောင်းမွန်သော နည်းလမ်းမှာ control transformer ၏ ဖြစ်အား ဖြုတ်ထားခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ အုမ်းမီတာကို အသုံးပြုကာ reverse contactor coil၊ ပုံမှန်အားဖြင့် closed ဖြစ်နေသော F contact၊ FORWARD pushbutton ၏ ပုံမှန်အားဖြင့် closed ဖြစ်နေသော အစိတ်အပိုင်း၊ ပုံမှန်အားဖြင့် open ဖြစ်နေသော REVERSE push button အား ဖိထားလျှက်ရှိနေစဉ် အနေအထားများအတွက် လျှပ်စီးပတ်လမ်း အဆက်ပြတ်မှု ရှိမရှိအား ပုံ ၄၉.၁၇ အတိုင်း စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။



ပုံ ၄၉.၁၇ ohmmeter အသုံးပြုကာ component များ၏ continuity ဖြစ်မှုအား စစ်ဆေးပုံ



ပုံ ၄၉.၁၈ ကွိုင်ထံသို့ ဗို့အားရောက်ရှိနေမှုအား ဆုံးဖြတ်နိုင်ရန် စစ်ဆေးမှု



ပုံ ၄၉.၁၉ ပြစ်ချက်ရှာဖွေရာတွင် ဖြစ်ပါရှိသော jumper ကို လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ပတ်ပြည့်စေရန် အသုံးပြုပုံ

အုမ်းမီတာအား အသုံးပြုကာ starter coil အား လျှပ်စီးပတ်လမ်း ပြည့်မပြည့်ကို စစ်ဆေးခြင်းအားဖြင့် winding သည် လောင်ကျွမ်းကာ open ဖြစ်မဖြစ်အား သိရှိနိုင်သော်လည်း coil သည် ပတ်လမ်းတို ဖြစ်နေခဲ့ပါလျှင် ထိုသို့ စစ်ဆေး စမ်းသပ်ရန် မဖြစ်နိုင်တော့ပေ။ နောက်ဆုံးအဆင့် ဆုံးဖြတ်ချက် ချမှတ်နိုင်ရန် ယေဘုယျအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား ပါဂါပေးသွင်းကြည့်ကာ ကွိုင်တွင် ဖြစ်ပေါ်လာသော မီးအားကို စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။ ထိုသို့ စမ်းသပ် စစ်ဆေးရန်အတွက် REVERSE push button သည် close ဖြစ်နေရမည်ဖြစ်ကာ ယင်း push button အတွက် fuse jumper တစ်လုံးအား တပ်ဆင်ပေးထားခြင်း အားဖြင့် မည်သူမျှ button အား closed အနေအထားဖြင့် hold လုပ်မထားနိုင်တော့ပေ (ပုံ ၄၉.၁၈)။ fuse jumper တစ်လုံးအား ပုံ ၄၉.၁၉ တွင် ပြသထားပါသည်။ fuse jumper အား အသုံးပြုသောအခါတွင် ယင်းအား componenet တွင် ခွလျှက် တပ်ဆင်စဉ်တွင် ပါဂါကို ဖြတ်တောက်ထားရမည်ဖြစ်ပါသည်။ jumper အား တပ်ဆင်ပြီးသည့်နောက်တွင် လျှပ်စီးပတ်လမ်းအတွက် ပါဂါကို ပြန်လည်ပေးပို့နိုင်ပြီဖြစ်ပါ သည်။ ကွိုင်တွင် မီးအား တစ်ခုခုဖြစ်ပေါ်နေပါက ကွိုင်သည်ပျက်စီးနေသည်ဆိုခြင်းကို ပြဆိုသည်ဖြစ်ကာ ပြန်လည်အစားထိုးတပ်ဆင်ရမည်ဖြစ်ကာ ထိုသို့မှ မဟုတ်ခဲ့ပါက forward နှင့် reverse contactor တို့အကြားရှိ mechanical interloack ပျက်စီးနေခြင်းလည်း ဖြစ်နိုင်ပါသည်။

စမ်းသပ်စစ်ဆေးခြင်း လုပ်ငန်းစဉ် ဥပမာ ၃

ပုံ ၂၉.၂၀ တွင် နောက်ထပ် လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်ခုအား ဆွေးနွေးမှုပြုနိုင်ရန်အတွက် ဖော်ပြထားပါသည်။ ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်းတွင် မော်တာအား လည်ပတ်မှုနှုန်းသုံးမျိုးဖြင့် စတင်လည်ပတ်နိုင်စေကာ လည်ပတ်နှုန်း တစ်ခုမှ တစ်ခုသို့ကူးပြောင်းရာတွင် ၅ စက္ကန့်မျှ time delay ပါရှိပါမည်။ မည်သည့် လည်ပတ်နှုန်းကို ရရှိစေသည့် button ကို နှိပ်လိုက်သည်ဖြစ်စေ၊ မော်တာသည် အနိမ့်ဆုံး လည်ပတ်နှုန်းမှ စတင်မောင်းနှင မည်ဖြစ်ကာ ထို့နောက်မှသာ ရွေးချယ်လိုက်သော လည်ပတ်နှုန်းသို့ ရရှိလည်ပတ်စေပါမည်။ ပင်ရှစ်ခုပါ on-delay timer အား အသုံးပြုကာ နောက်တစ်ဆင့် လည်ပတ်နှုန်းတစ်ခုသို့ အရှိန်တိုးမြှင့် ရရှိစေရန် အတွက် time delay ကို ရရှိစေပါသည်။

THIRD SPEED push button အား နှိပ်လိုက်သောအခါတွင် မော်တာသည် လည်ပတ်နှုန်းအနိမ့်ဆုံးဖြင့် လည်ပတ်မည်ဖြစ်ပါသည်။ ၅ စက္ကန့်မျှ ကြာမြင့်ပြီးသည့်နောက်တွင် မော်တာသည် ဒုတိယ လည်ပတ်နှုန်းသို့ ရောက်ရှိသွားမည်ဖြစ်သော်လည်း တတိယ လည်ပတ်နှုန်းသို့ ရောက်ရှိမည် မဟုတ်ပေ။

ပြီးခဲ့သည့် ဥပမာများတွင် ဖော်ပြပြီးခဲ့သကဲ့သို့ မည်သည့်အကြောင်းအရာများက ထိုသို့ပြဿနာ စတင်ဖြစ်ပေါ်ခဲ့သည်ကို မှတ်စုရေးသားသင့်ပေသည်။

၁။ contactor S2 သည်ပျက်စီးနေခြင်း

၂။ အချိန်သတ်မှတ် အလုပ်လုပ်သော timed contact TR2 သည် close ဖြစ်မနေခြင်း

၃။ timer TR2 သည် ပျက်စီးနေခြင်း

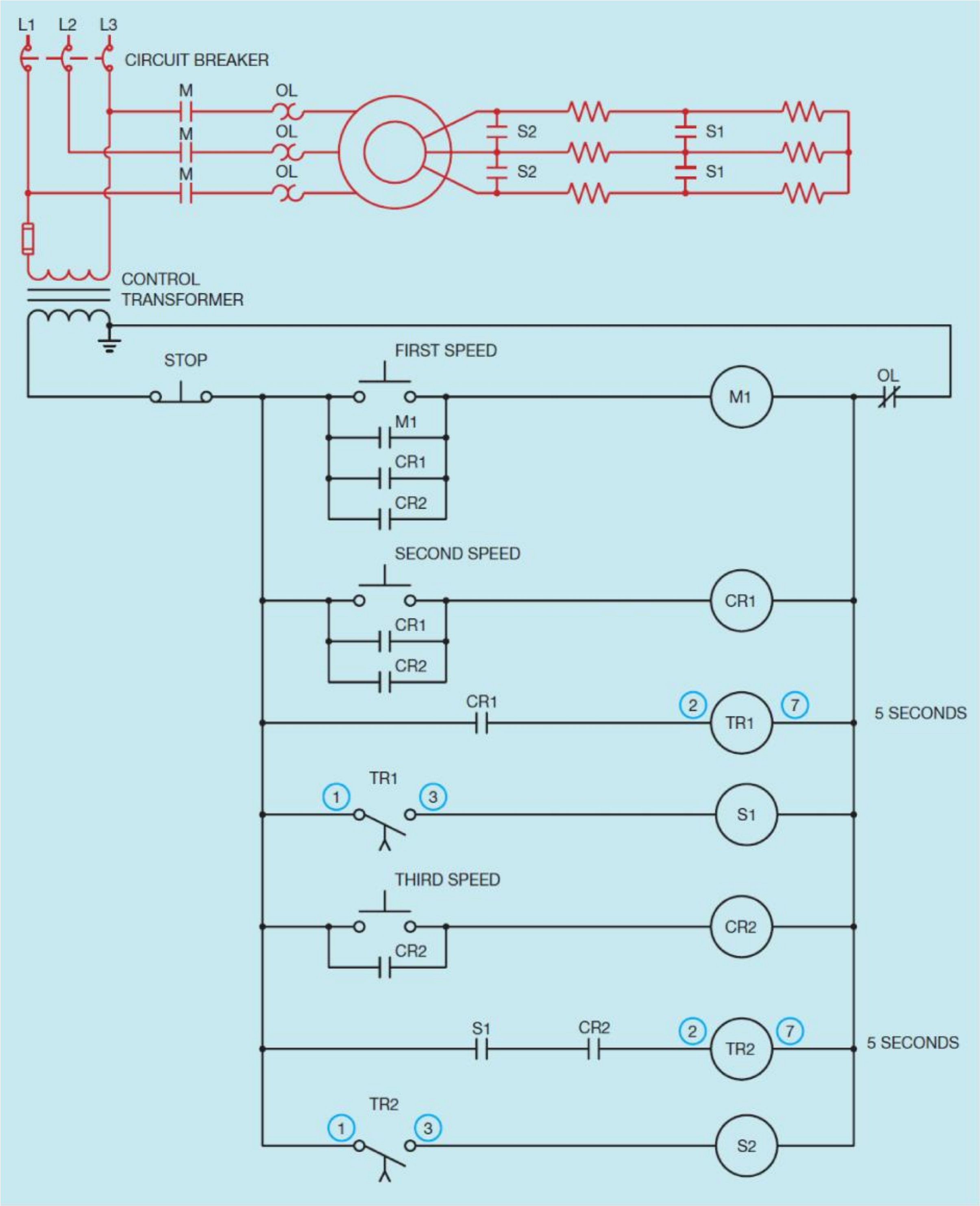
၄။ timer TR2 နှင့် တန်းဆက် ဆက်ထားသော CR2 သို့မဟုတ် S1 contact များတို့သည် close မလုပ်ခြင်း

လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား အပြစ်ရှာဖွေမှုပြုရာတွင် THIRD SPEED push button အား နှိပ်ခြင်းအားဖြင့် စတင်လုပ်ကိုင်ကာ မော်တာအား ဒုတိယလည်ပတ်နှုန်းဖြင့် စတင်လည်ပတ်မှု ရရှိစေပါမည်။ ၅ စက္ကန့်မျှ စောင့်ဆိုင်းပြီးနောက် မော်တာသည် တတိယ လည်ပတ်နှုန်းသို့ ရောက်ရှိသောအခါတွင် ပုံ ၄၉.၂၁ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း S2 contactor ၏ ကွိုင်အား ခွလျှက် ဗို့မီတာအား တပ်ဆင်ပါ။ ယခုအခါတွင် ဗို့မီတာတွင် သုညဗို့အား ကို ညွှန်ပြနေသည်ဟု ယူဆကြပါစို့။ ယင်းအချက်သည် S2 contactor အား ပါဝါ မပေးသွင်းရသေးသည်ကို ပြနေပေသည်။ နောက်တစ်ဆင့်အနေဖြင့် ပုံ ၄၉.၂၂ တွင် ပြသထားသည့်အတိုင်း timer TR2 ၏ ပင် ၁ နှင့် ၃ အကြားတွင်ရှိသော ဗို့အားကို စစ်ဆေးရန်ဖြစ်ပါသည်။ ဗို့မီတာတွင် ဗို့အား ၁၂၀

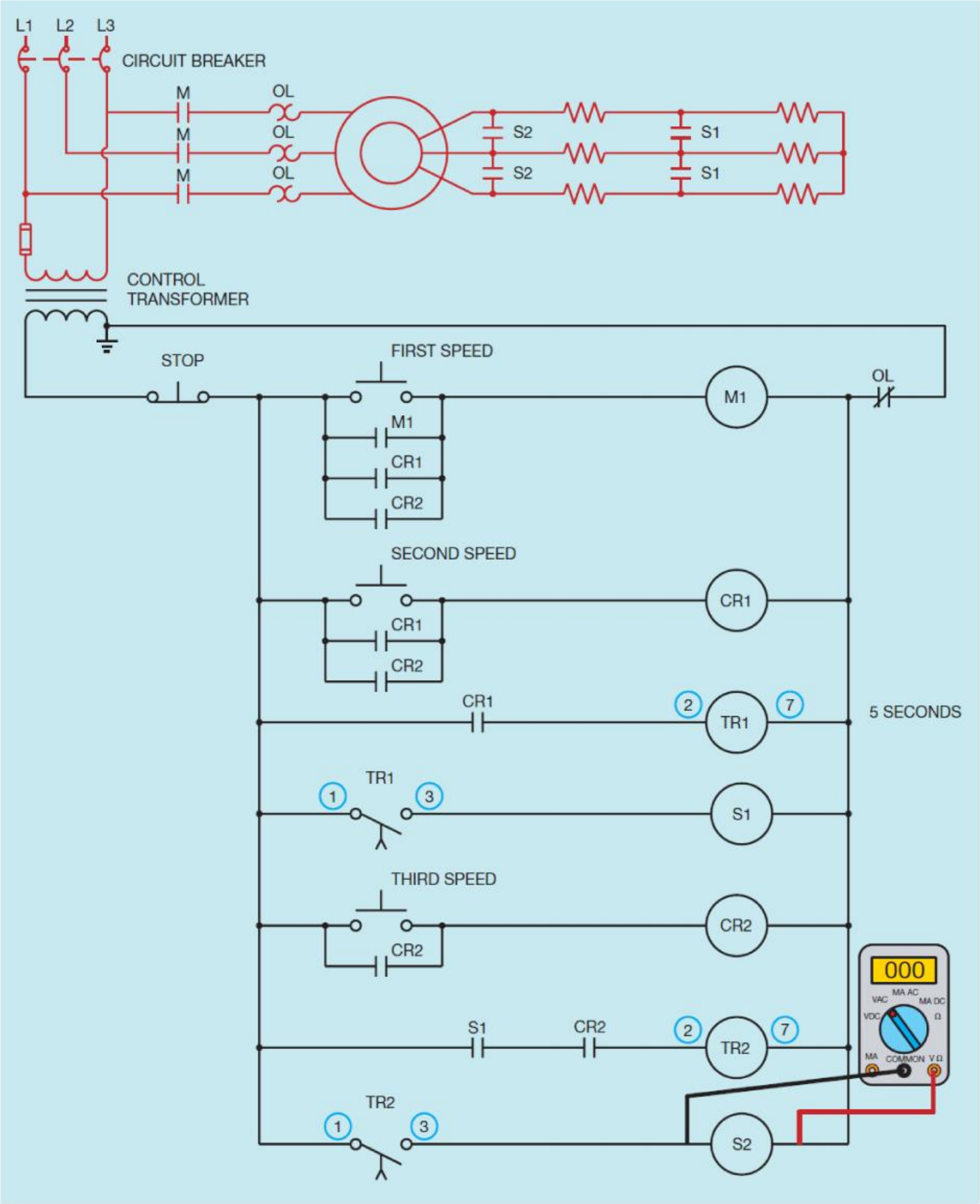
ဗို့ကို ပြသနေပါက normally open ဖြစ်နေရမည့် အချိန်သတ်မှတ်ထားသော contact သည် close ဖြစ်မနေသည်ကို ပြနေပါသည်။

Timed contact TR2 သည် closed ဖြစ်မနေခဲ့ပါက timer TR2 တွင် ခွလျှက် ဗို့အားကို စစ်ဆေးသင့်ပါသည် (ပုံ ၄၉.၂၃)။ ယင်းအချက်အား timer ၏ ပင် ၂ နှင့် ၇ အကြားတွင် ရှိသော ဗို့အားကို စစ်ဆေးခြင်းအားဖြင့် သိရှိနိုင်ပါသည်။ ဗို့အား ၁၂၀ ဗို့ ရှိနေခဲ့ပါက timer သည် ပါဝါကို ရရှိခဲ့သော်လည်း contact TR2 သည် close မဖြစ်ခဲ့ပေ။ ယင်းအချက်မှ timer ပျက်စီးနေခြင်းကို ပြနေကာ အစားထိုးတပ်ဆင် သင့်ပေသည်။ အကယ်၍ timer coil TR2 ရှိ ဗို့အားသည် သုည ဖြစ်နေပါက ဗို့မီတာကို အသုံးပြုကာ contact CR2 သို့မဟုတ် S1 သည် open ဖြစ်နေခြင်း ရှိမရှိအား စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။

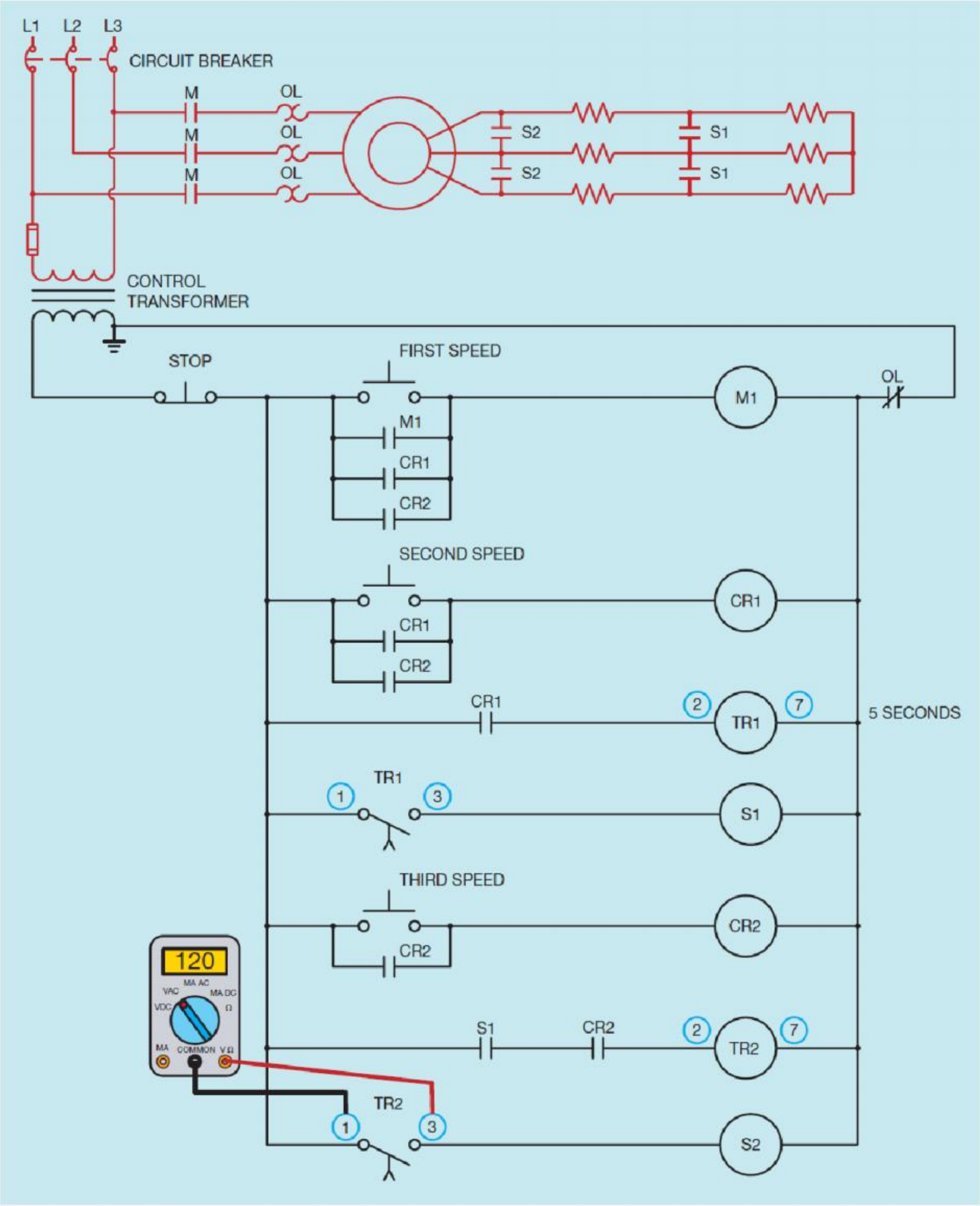
ပြစ်ချက်များအား ရှာဖွေခြင်းသည် လျှပ်စီးပတ်လမ်းတစ်လျောက်တွင် မှန်ကန်ကောင်းမွန်သော အတွေး များဖြင့် လုပ်ဆောင်ရခြင်းဖြစ်ပါသည်။ လျှပ်စီးပတ်လမ်းနှင့် သက်ဆိုင်သော ပုံပြကားချပ်များဖြင့် အကျွမ်း တဝင် လုပ်ကိုင်နိုင်သည့် နားလည်တတ်ကျွမ်းမှုမရှိပဲနှင့် ပြစ်ချက်များ ရှာဖွေရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။ ယင်းလျှပ်စီး ပတ်လမ်း သည် ပုံမှန်အချိန်တွင် မည်သို့လုပ်ဆောင်ရန် ရည်ရွယ်ထားသည် အစရှိသည်တို့ကို နားလည်မှု မရှိပါဘဲနှင့် ယင်းလျှပ်စီးပတ်လမ်း ဘာဖြစ်နေသည် သို့မဟုတ် ဘာကြောင့် အလုပ်မလုပ် သည်ကို မဆုံးဖြတ်နိုင်ပေ။ ကောင်းကောင်းမွန်မွန် ပြစ်ချက်များအား ရှာဖွေနိုင်ရန် အချိန်နှင့် အလေ့အကျင့်များစွာ လိုအပ်ပေသည်။ ယေဘုယျဥပဒေသတစ်ခုမှာ ပြဿနာကို ရှာဖွေတွေ့ရှိသည်အထိ လျှပ်စီးပတ်လမ်းအား နောက်ကြောင်းပြန် အပြစ်ရှာခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် လျှပ်စီးပတ်လမ်း တွင် contactor S2 မှ မော်တာအတွက် နောက်ဆုံးအဆင့် လည်ပတ်ရှိန်ရရှိစေသည်။ ယင်း contactor S2 မှ စတင်ကာ မည်သည့် ပစ္စည်း အစိတ်အပိုင်းသည် S2 ၏ ကွိုင်အား ပါဝါရောက်ရှိခြင်း မရှိစေသည့်အချက်ဖြစ်သည်ကို ဆုံးဖြတ်နိုင်ခြင်းက လျှပ်စီးပတ်လမ်းအစမှ အဆုံးတိုင် အစိတ်အပိုင်း တစ်ခုစီအား စတင်စစ်ဆေးခြင်းထက် အလွယ်ကူဆုံးနှင့် အမြန်ဆန်ဆုံး နည်းလမ်းဖြစ်ပေသည်။



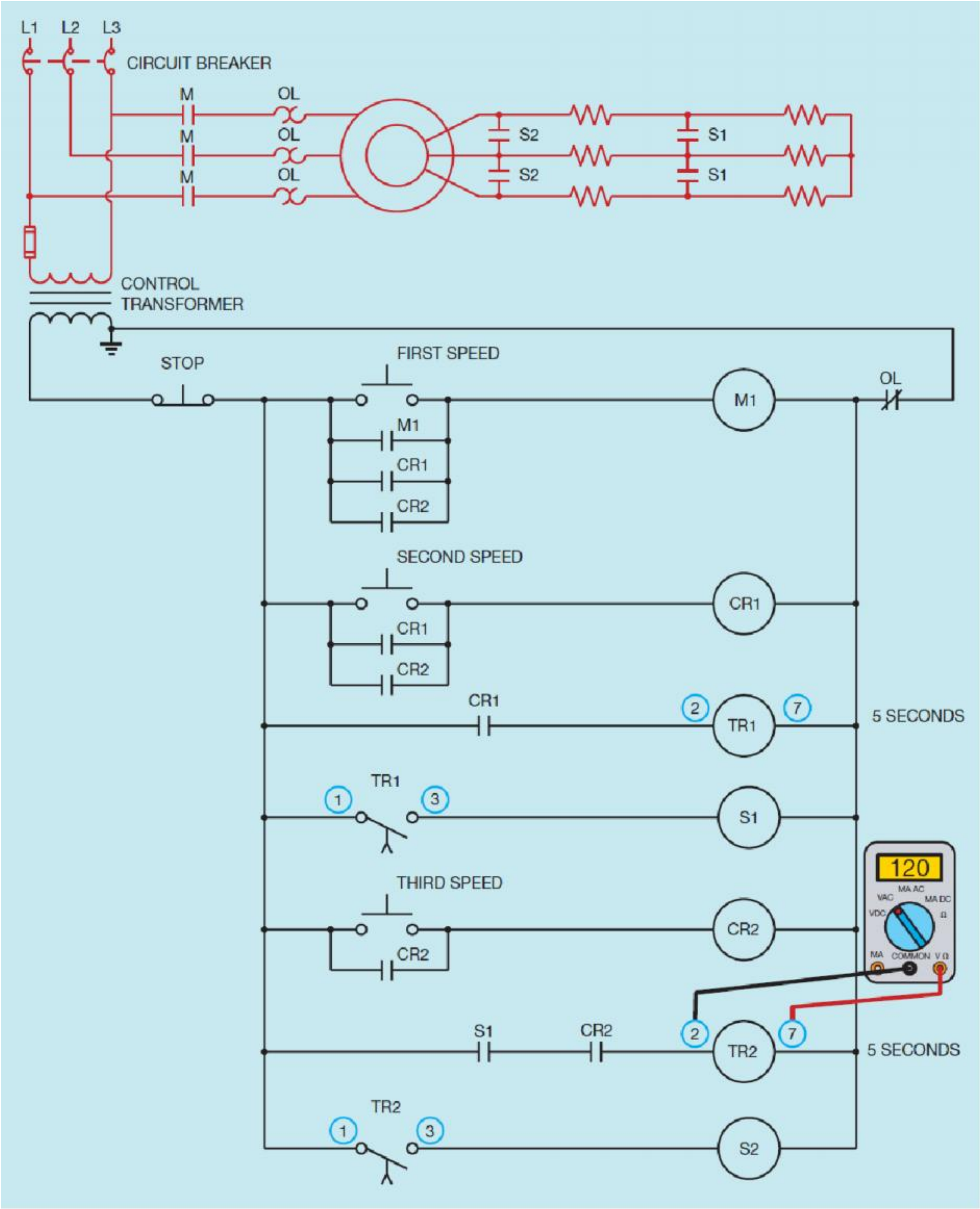
ပုံ ၄၉.၂၀ wound rotor induction motor အတွက် လည်ပတ်နှုန်း သုံးမျိုးရရှိစေသော control



ပုံ ၄၉.၂၁ S2 coil တွင် ရှိသော ဗို့အားကို စစ်ဆေးပုံ



ပုံ ၄၉.၂၂ timer ၏ pin 1 နှင့် 3 အကြားရှိ ဗို့အားကို စစ်ဆေးပုံ



ပုံ ၄၉.၂၃ TR2 coil ရှိ ဗို့အားကို စစ်ဆေးပုံ