စက်မှုထွန်းကားလာတာ နဲ့ အတူ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား သုံးစွဲ မှု ကလည်း ပိုမိုလာပါတယ်။ မီးထွန်းဘို့၊ အိမ်သုံးဘို့ အဆောက်အအုံ တွေ၊ လမ်းပန်းဆက်သွယ်ရေး တွေ မှာပါ မရှိမဖြစ်အရေးပါလာပါတယ်။ အခုဓိက တင်ပြပေးမှာ ကတော့ အဆောက်အအုံ အတွင်း သုံး Low Voltage (LV) Systems တွေ အကြောင်း ဖြစ်ပါတယ်။

1. Introduction to Electrical Power Distribution in Buildings
2. Power Distribution Systems
3. AC Fundamentals
4. Power Grids, Preliminary Load Estimates, Basic Metering Scheme
5. Major Components
    i. High Tension (Medium Voltage) Switchgear
    ii. Transformers
    iii. Standby Power Generators
    iv. Main Switch Board
    v. Control Systems
    vi. Fuse, Circuit Breakers, Protective Devices
    vii. Earth fault protection
6. Cable Sizing / Voltage Drop
7. Basic Design
8. Regulations

I. Introduction to Electrical Power Distribution in Buildings

အတန်သင့် ကြီးမားတဲ့ အဆောက်အအုံ တစ်ခု အတွက် Power Distribution Systems တွေ့ရလေ့ ရှိတဲ arrangement ကို အောက်မှာ arrangement ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။

i. Power Grids Substation

Utility Company အတွက် Sub-station ပါ။ HT Switch Gear ဖြစ်ပြီး အဓိက ပါဝင်မှာ က High tension Breaker နဲ့ သင့်တော်တဲ့ Circuit Control Components တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ Equipment တွေ ကို Company က တပ်ဆင် ပေးပါလိမ့် မယ်။

ii. Consumer Substation

အဆောက်အအုံ ပိုင်ရှင် ရဲ့ Substation မို့ Consumer Sub-station လို့ခေါ်တာ ပါ။ HT Switch Gear

ဖြစ်ပြီး အဓိက ပါဝင်မှာ က High tension အတွက် သင့်တော်တဲ့ Circuit Breaker နဲ့ Control Components တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ Gas Insulated နဲ့ Air Insulated Switchgear တွေ က အသုံးများပြီး အထဲမှာ ပါဝင်တဲ့ Circuit Breaker ကတော့ SF6 Insulated Circuit Breaker (or) Vacuum Circuit Breaker ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

A circuit breaker is a safety device enabling switching and protection of electrical distribution networks.

iii. Transformers

ဒီမှာ သုံးတဲ့ Transformer ရဲ့ တာဝန်က medium voltage ကနေ အိမ်သုံး၊ စက်ရုံသုံး Equipment နဲ့ Electrical Appliance တွေ အတွက် သင့်တော်တဲ့ voltage ရအောင် step down လုပ်ပေးဘို့ပါ။

Transformers : A device that is used to convert electricity energy from higher a.c voltage to desire consumer voltage (step down) or vice versa.

iv. Standby Emergency Power Generators

အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လိုအပ်မဲ့ Life Safety Systems တွေ နဲ့ မီးပြတ်ရင် ဆုံးရှုံးမှု အများကြီးရှိနိုင်တဲ့ စက်ပစ္စည်း တွေ အတွက် လိုအပ်မဲ့ standby power ပေးဘို့ အတွက် တွက်ချက် တပ်ဆင်ထားတဲ့ (အများအားဖြင့်) ဒီဇယ် Standby Power Generator တွေတပ်ဆင်ပေးထားရပါမယ်။

Standby Emergency Power Generators : Electricity Generator set driven by prime mover and of sufficient capacity to supply circuits carrying emergency loads with suitable means for automatic starting of the prime mover on failure of normal service

v. Main Switchboard (MSB)

Switchboard : An assembly of switchgear with or without instruments, but the term does not apply to groups of local switches in final circuits.

vi. Emergency Main Switchboard (EMSB)

Utility Network ကဝင်လာတဲ့ မီးပြတ်တောက် ခဲ့ ရင် Standby Back-up Electricity ကနေ အလိုအလျောက် လျှပ်စစ်ပါဝါ ပြောင်းပေးနိုင်ဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Switchboard ပါ။ အရေးအကြီး ဆုံး ကတော့ လူတွေ ရဲ့ အသက် life safety ကို စောင့်ရှောက်ဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Fire Protection, Smoke control systems, Emergency Lighting နဲ့ Emergency evacuation support systems တွေအတွက် မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။

Emergency Power : To supply electrical power automatically in the event of failure of the normal supply to protect equipment essential of safety to life

vii. Building Power Distribution

Transformer အဝင်အထိ က ဗို့အားမြင့်တာမို့ High Tension (HT) Circuits တွေ လို့ခေါ်ပြီး Transformer အထွက်ကို တော့ ဗို့အားနိမ့် LV Circuits တွေလို့ခေါ်ပါတယ်။

Cable / Busducts တွေ အတွက် လမ်းကြောင်းရှာတာ၊ Major Equipments တွေအတွက် သင့်တော်တဲ့ နေရာ လျာထား သတ်မှတ် တာတွေ ကို Project Design Phase မှာကတည်းက လေ့လာ ညှိနှိုင်း သတ်မှတ် ထားရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

II. Electricity (Power) Supply Systems

Electricity (Power) Supply Systems တွေ ကိုခြုံငုံ ကြည့်မယ်ဆိုရင် တွေ့ရမှာကတော့

A. Power Generation Systems

B. Power Transmission Systems

C. Power Distribution Systems

D. Low-Voltage Systems

Power Plants လို့ခေါ်တဲ့ Electrical Power Generators အမျိုးမျိုး ကနေ လျှပ်စစ်ဓာတ် ကို ထုတ်လုပ် နိုင်ပါတယ်။ ဒီ Generators တွေ ကို မောင်းနှင်ဘို့ အတွက် prime mover တွေကို ရေနံ၊ ဒီဇယ်သုံး အင်ဂျင်တွေ၊ ကျောက်မီးသွေး၊ အခြားလောင်စာတွေ Biogasifier တွေ နဲ့ Nuclear တွေ ကိုအသုံးပြုတဲ့ Steam Turbines တွေ၊ Gas Turbines တွေ သာမက Green Sources တွေဖြစ်တဲ့ Geothermal, Hydro, Tidal, Wind, Solar, etc. တွေကနေလည်း ရရှိနိုင်ပါတယ်။

ဘယ်ကနေ ပဲ ထုတ်ထုတ်၊ ဈေးနှုန်းသက်သက်သာသာ နဲ့ ဖြန့်ဝေပေးနိုင် ဘို့၊ လိုအပ်ချက်အတိုင်း အရည်အသွေး ပြည့်ဝတဲ့ ပါဝါ ရနိုင်ဘို့ နဲ့ ရေရှည်ထုတ်ယူနိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါ့အပြင် လုံခြုံစိတ်ချ အန္တရာယ် ကင်းဝေးစေဘို့ နဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အပေါ်ထိခိုက် မှု နည်းစေဘို့ တွေ ကလည်းထည့်သွင်းစဉ်းစားရမဲ့ အချက်တွေပါ။
အကြမ်း အားဖြင့် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု ရဲ့ ၅၀% ကို လျှပ်စစ်ထုတ် စက်ရုံတွေ အတွက်၊ ၃၀% ကို ပို့ဆောင်မှု အတွက်၊ နဲ့ ၂၀% ကိုဖြန့်ဖြူးဘို့ အတွက် အသုံးပြုရပါတယ်။ လောင်စာဆီဘိုး၊ လည်ပတ်စရိတ် နဲ့ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်း စရိတ်က လည်း annual investment cost (တစ်နှစ်စာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု ငွေ) ရဲ့ ၂၃၀% လောက် ကို ရှိနိုင်ပါတယ်။

Power Station တစ်ခုတည်ဆောက်ဘို့ အတွက် ပျမ်းမျှ Lead Time က ၅ နှစ်လောက် လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Investment Cost (ရင်းနှီးမြှုပ်နှံငွေ) နဲ့ (Operating Cost) လည်ပတ်ငွေ တွေကို Optimize (အကျိုးအရှိ ဆုံး အသုံးချ) နိုင်ဘို့ အတွက် Expansion Planning ကို ၁၅နှစ်လောက် ကြိုတင်လေ့လာ ဆန်းစစ်မှုပြုရပါတယ်။

G. Electrical Power Generation Systems

0. Electric Energy ကို အခြား Energy Supply Systems တွေ လို စီးပွားရေး အရ တွက်ချေကိုက်ကိုက် နဲ့ အကြီးအကျယ် သိုလှောင်ထားနိုင် ဘို့ဆိုတာ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။ ဒါကြောင့် အချိန်တိုင်း မှာ ထုတ်လုပ်တဲ့ ပါဝါ နဲ့ သုံးစွဲ တဲ့ ပါဝါ မျှနေဘို့ လိုပါတယ်။

i. ဒါကြောင့် Power Plant စက်ရုံတွေကို ထိန်းချုပ်မောင်းနှင် နေတဲ့ System Control Engineer တွေက သုံးစွဲ နေတဲ့ ပါဝါ နဲ့ မျှအောင် ထုတ်လုပ်နိုင်ဘို့ စီမံရပါတယ်။ Historical Trends နောက် ၂၄ နာရီ အတွင်း လိုအပ်မဲ့ ပါဝါ အနည်းအများ ပုံစံ ကို ခန့်မှန်း နိုင်ဘို့ နဲ့ မှန်းချက် အတိုင်း ထုတ်လုပ်ပေးနိုင်ဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ ရှိနေတဲ့ Generators တွေနဲ့ efficiency တွေပေါ် မူတည်ပြီး အသင့်တော်ဆုံး၊ အကျိုးအဖြစ်ဆုံး၊ ရနိုင်အောင် Generators ဘယ်နှစ်ခု ဘယ်လို အစီအစဉ် နဲ့ လည်ပတ် ထုတ်လုပ် မှာလည်း အစီအစဉ် ချရပါတယ်။ ခုနောက်ပိုင်း ကွန်ပြူတာ တွေပေါ် လာတော့ ဒီလိုလုပ်ရတာ ပိုပြီး လွယ်ကူလာပါတယ်။

၀

ii. Minimize generation cost (ထုတ်လုပ်မှု စရိတ် လျှော့ချနိုင်ဘို့)

iii. Ensure continuity of supply (အဆက်မပြတ် ပို့လွှတ်နိုင်တာ သေချာစေဘို့)

iv. ပုံမှန် အခြေအနေ နဲ့ ပုံမှန် မဟုတ်တဲ့ abnormal conditions အခြေအနေ အချို့တွက် Generating Units ရဲ့ operating constraints အားလုံးနဲ့ Transmission Network ရဲ့ Limits တွေ အတွင်းမှာ ပဲရှိနေဘို့ လည်းလိုအပ်ပါတယ်။

H. Power Transmission Systems

0. Transmission Systems တွေဆိုတာ က တစ်နေရာ က တစ်နေရာ ကိုပို့လွှတ်ပေးတဲ့ စနစ်တွေ ကိုခေါ်တာပါ။

i. အသုံးပြုမယ့် အနားမှာ Power Plant ရှိနေရင် တော့ Transmission Systems တွေ မလိုအပ်တော့တာမို့ အကောင်းဆုံးပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ဒီလိုဖြစ်နိုင်ဘို့ ဆိုတာက လက်တွေ့မှာတော့ ဖြစ်နိုင်ဘို့ မလွယ်ပါဘူး။ ဥပမာ မြို့လယ်ခေါင် မှာ Power Plant ဆောက်ဘို့ဆိုတာ က အများအားဖြင့် မသင့်တော်ပါဘူး။ အလားတူပဲ သုံးစွဲနိုင်တဲ့ ဗို့အားအတိုင်း အကြီးအကျယ် ထုတ်လုပ်ဘို့ ဆိုတာလည်း နည်းပညာအရ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။

ii. ဥပမာ 400V နဲ့ ထုတ်လုပ်ဖြန့်ဖြူးရင် 3 to 4 MW လောက်အထိပဲ လက်ရှိနည်းပညာ အရသင့်တော်ပါတယ်။ အလားတူပဲ 22kV နဲ့ဆို 200 MW, 66kV ဆို 780MW, ကျော်ရင် 230kV သုံး၊ 5,000 MW ကျော်လာရင် 400kV စ သည်ဖြင့်ပေါ့။

iii. ပို့လွှတ်ရမဲ့ စွမ်းအင် (MW) များလာတာ နဲ့ အမျှ ဗို့အားမြင့်မပေးရင် Short-circuit current က Breakers တွေ ရဲ့ Breaking Capacity ကို ကျော်လွန်လာနိုင်တာ မို့ ဗို့အားကို မြှင့်ပေးရတာ ဖြစ်ပါတယ်။

iv. မဟာဓာတ်အားလိုင်း တွေကို မြေပေါ်၊ မြေအောက် ပို့လွှတ်ရလေ့ ရှိပေမဲ့ မြေပေါ်ကပို့လွှတ်ရတာ က ကုန်ကျစရိတ် သက်သာတာ ရယ်၊ သာမန် လုပ်သားကျွမ်းကျင်မှု နဲ့တင် လုပ်နိုင်တာ ရယ်၊ ထိန်းသိမ်းပြုပြင် လို့ လွယ်ကူတာရယ် တွေ ကြောင့် ဖြစ်နိုင်ရင် Over Head Line လို့ခေါ်တဲ့ ကောင်းကင် ဓာတ်လိုင်း တွေကို အသုံးပြုကြပါတယ်။ စကၤာပူ မှာတော့ အဓိက မြေအောက် ကနေ ပို့လွှတ်တာ ကို သုံးပါတယ်။

I. Distribution Systems

0. Distribution Systems တွေရဲ့ အဓိက အလုပ် ကတော့ လျှပ်စစ်ဓာတ်ကို လက်ကားယူ၊ (သိုလှောင် ထားလို့ တော့ မရပဲ) ချက်ချင်း လက်လီဖြန့် ရတဲ့ သဘောမျိုး ပါ။ Large, bulk power sources ကနေ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား ကို လက်ခံရယူ၊ တစ်ပြိုင်တည်းမှာပဲ လိုအပ်တဲ့ ဗို့အားအမျိုးမျိုး နဲ့ လက်ခံနိုင်လောက်တဲ့ reliability (ယုံကြည်စိတ်ချရမှု) နဲ့အတူ သုံးစွဲသူတွေ ဆီ အရောက်ဖြန့်ဝေ ပေးရပါတယ်။ အသုံးပြုလေ့ ရှိတဲ့ ဗို့အားတွေ ကတော့ 3.3kV, 6.6kV, 11kV, 22kV & 33kV တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။

i. အဓိက စဉ်းစားရမဲ့ လိုအပ်ချက်တွေ ကတော့

Different source to increase reliability

Minimum voltage variation

Minimum supply interruption

Minimum Overall cost consistent with the power quality

Flexible to allow expansion in small increments

J. Low-Voltage Systems

0. LV Systems ဆိုတာကတော့ Distribution Voltage က 1000 V ထက် နည်းတဲ့ ဗို့အား ကို ဆိုလိုတာဖြစ်ပါတယ်။ အများအားဖြင့်

i. နိုင်ငံအလိုက် သုံးစွဲတဲ့ အိမ်သုံး ဗို့ နဲ့ Frequency တွေ ကို လေ့လာနိုင်ဘို့ အတွက် ကောက်နုတ် ဖော်ပြထားပါတယ်။

Region	Type(s) of plug / socket	Voltage	Frequency
Australia	I	230 V	50 Hz
Brunei	G	240 V	50 Hz
China (mainland only)	A, C, I	220 V	50 Hz
Canada	A, B	120 V	60 Hz
France	C, E	230 V	50 Hz
Germany	C, F	230 V	50 Hz
India	C, D, M	230 V	50 Hz
Indonesia	C, F, G	127 V / 230 V	50 Hz
Japan	A, B	100 V	50 Hz & 60 Hz
Korea, South	A, B, C, F	220 V	60 Hz
Malaysia	G, M	240 V	50 Hz
Mozambique	C, F, M	220 V	50 Hz

Myanmar/Burma	C, D, F, G	230 V	50 Hz
New Zealand	I	230 V	50 Hz
Singapore	G, M	230 V	50 Hz
Thailand	A, B, C	220 V	50 Hz
United Arab Emirates	C, D, G	220 V	50 Hz
United Kingdom	G	230 V	50 Hz
United States of America	A, B	120 V	60 Hz

iii. နိုင်ငံတကာ မှာ သုံးစွဲတဲ့ Voltage/ frequency အချက်အလက် တွေ နဲ့ သုံးစွဲလေ့ ရှိတဲ့ plug / socket အမျိုးအစား တွေကို ကို Mains power systems မှာ မှီငြမ်းလို့ရပါတယ်။

iv. AC power plugs နဲ့ sockets တွေရဲ့ အကြောင်းကို လည်း AC power plugs and sockets မှာလေ့လာနိုင်ပါတယ်။

v. အသုံးများတဲ့ Frequency တွေကတော့ 50Hz / 60 Hz တွေ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီ Frequency ကနေ အဓိကသက်ရောက်တာကတော့ AC Motor တွေရဲ့ လည်ပတ်မှုနှုန်း rpm ပါ။ AC motor တွေရဲ့ rpm က Frequency နဲ့ စီမံထားတဲ့ Stator ရဲ့ သံလိုက်ဝင်ရိုး Pole အရေအတွက် နဲ့ သက်ဆိုင်တာ မို့ပါ။ AC motor တွေရဲ့ ideal rpm ကိုပြလေ့ ရှိတဲ့ formula ကို ကြည့်ရင် သဘောပေါက်မှာပါ။

rpm = (120 x F) / P

F: Frequency (Hz), P: no. of Poles

vi. Rpm ကွာခြားလာတာနဲ့ အမျှ ဒီ motor က နေ မောင်းပေးရတဲ့ fan, pumps, compressors, etc. တွေ ရဲ့ Mechanical Power ကလည်း n^3 (Tube) တက်လာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ အလားတူပဲ 60Hz နဲ့ ရွေးထားတဲ့ စက်ပစ္စည်းတွေ ကို 50Hz နဲ့သုံးရင် Capacity စွမ်းအား အပြည့်ရမှာ မဟုတ်ပါဘူး။ အထူးသဖြင့် HVAC equipments တွေ နဲ့ Pumps ရွေးချယ် ဘို့ Engineering Data တွေကို ဖတ် တဲ့ အခါ 50Hz လား 60Hz လား သေချာစစ်ဆေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

vii. စင်္ကာပူ နိုင်ငံ မှာ LV Systems ဆိုတာ က Three-phase, four-wire system ဖြစ်ပြီး between line-to-line 400V ရှိပြီး between line-to-neutral ကတော့ 230V ပါ။ ဒါက distribution voltage တင်မဟုတ်ပဲ အသုံးအဆောင် appliance အများစုရဲ့ လိုအပ်တဲ့ utilization voltage လည်းဖြစ်ပါတယ်။

III. AC Fundamentals

@. Sin Wave and Root Mean Square Value

0. AC ဗို့အား က Frequency တစ်ခုနဲ့ အပေါင်းအနုတ် ပြောင်းလဲနေပါတယ်။ Sinusoidal Voltage အနေနဲ့ပါ။ Voltage ပြောင်းတာ နဲ့ အညီ Current ကလည်းပြောင်းပါတယ်။

i. AC power တွေ ကို တွက်တဲ့ အခါ maximum အစား ပျမ်းမျှ voltage နဲ့ current ကိုအခြေခံ ဘို့လိုပါတယ်။ Root mean square value (rms) လို့လည်း ခေါ်ပါတယ်။ Sine wave တစ်ခုရဲ့ rms value က max value ရဲ့ $1/\sqrt{2}$ (~ 0.707) လောက်ရှိပါတယ်။

$V_{rms} = V_{max} / \sqrt{2}$

$I_{rms} = I_{max} / \sqrt{2}$

ii. တွက်ချက်တဲ့ အခါမှာရော rms value ကိုပဲသုံးပါတယ်။ ဒါကြောင့် rms မပါပေမဲ့ rms value ကိုသုံးမှန်းတော့ သိရပါမယ်။

A. Complex Power

0. နောက်တစ်ခု သိရမှာ က AC power တွေက Complex Power ဖြစ်နေတာကိုပါ။ သူ့မှာ Real Power & Reactive Power ဆိုပြီး အပိုင်းနှစ်ခု ပါပါတယ်။ Voltage နဲ့ Current Wave တွေက တစ်ထပ်တည်း မကျပဲ အချိန်တစ်ခု ကွာနေတာ (Leading or Laging) ဖြစ်နေတာပါ။

i. ဒါကြောင့် Power Factor (p.f) လို့ခေါ်တဲ့ real power ရဲ့အချိုးအဆ ကိုဖော်ပြတဲ့ Term တစ်ခု ကိုသတ်မှတ် ကြတာ ဖြစ်ပါတယ်။

Power Factor (p.f) = Real Power / Complex Power = $\cos \varphi$

ii. Power factor (p.f)က ဘယ်တော့မှ တစ် (1) ထက်မကျော်နိုင်ပါဘူး။ တစ်ရရင် အကောင်းဆုံး လို့ သတ်မှတ် ပါတယ်။

Real Power, P (watts):

$P = V \times I \times \cos \varphi$

Reactive Power, Q (vars):

$Q = V \times I \times \sin \varphi$

Complex Power, S (watts):

$S = V \times I = P + jQ$

ii. ဒီလိုဖြစ်ရခြင်း အကြောင်းရင်း ကတော့ Circuit ရဲ့ Properties တွေ ထဲမှာ Resistance သာမက Reactance ကို ဖြစ်ပေါ်စေတဲ့ Capacitance ရော inductance တွေပါပါဝင် နေတာကြောင့်ပါ။

iii. Inductance ဆိုတာက လျှပ်စစ်သံလိုက်ညို့ကွိုင် တွေ ပါဝင်တဲ့ မီးချောင်း ballast လို motor, transformer တွေလို စက်ပစ္စည်းတွေ က နေဖြစ်ပေါ်တဲ့ ဂုဏ်သတ္တိပါ။ အဆောက်အအုံ တိုင်းလိုလို မှာ ဒီစက်ပစ္စည်းတွေ ကို အသုံးပြုလေ့ ရှိကြတာမို့အများအားဖြင့် Load မှာ က ဒီလို Inductance ပါဝင်လေ့ ရှိပြီး သူ့ကြောင့် ကျသွားတဲ့ Power Factor (p.f)ကို 1 နဲ့ အနီးဆုံး ရအောင် ပြန်မြှင့် ပေးဘို့ အတွက် Capacitor Bank တွေ ထည့်သွင်းပေးကြတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီလို Power Factor Correction လုပ်ဘို့ အတွက် Shunt Reactor Bank နဲ့ Capacitor Bank တွေပါဝင်တတ်သလို အခြားနည်းတွေ လည်းရှိပါတယ်။ ပိုမို ရှုတ်ထွေးတဲ့ Non-Linear Distortion (or) Harmonic ကို ဖြစ်စေတဲ့ Rectifier (AC to DC converters) တွေ ဖြစ်တဲ့ fluorescent lamp, electric welding machine, or arc furnace တွေ

ပါလာတဲ့ အခါ ပိုပြီး ထိန်းရ ခက်ပါတယ်။ Inverter နဲ့ VSD (Variable Speed Drive) တွေ လည်း ဒီအမျိုးအစား ထဲ မှာ ပါဝင်ပါတယ်။ အသေးစိတ် သိချင်ရင်တော့ Power Factor Correction Units တွေအကြောင်း ကို ရှာဖွေ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

iv. ဒီလို Reactance တွေ ပါဝင် နေတတ် တာမို့ AC တွက်ချက်မှု တွေ ကို Faradays Law ($I = V/R$ နဲ့ တိုက်ရိုက် တွက်ချက် လို့ မရတော့ပဲ Resistace: R နေရာ မှာ Impedance: Z ကို အစားထိုး အသုံးပြုရတာ ဖြစ်ပါတယ်။ Impedance (Z) ဆိုတာ ကတော့ the ratio of phasor voltage to phasor current ပါ။

$$Z = V / I$$

Resistor: $Z_R = R$

Capacitor: $Z_C = 1 / (j\omega C) = jX_C$

Inductor: $Z_L = j\omega L = jX_L$

Where;

C = capacitance (farads)

L = inductance (henrys)

ဒီမှာပါတဲ့ j ဆိုတာ ကတော့ Complex index ဖြစ်တဲ့ $\sqrt{-1}$ ပါ။

vi. Power factor (p.f) က Inductive Circuit မှာဆိုရင် Lagging (current lags the voltage) ဖြစ်ပြီး Capacitative Circuits ဆိုရင်တော့ Leading (current leads the voltage) ဖြစ်ပါတယ်။

B. Design Calculation Formulae

0. Power, **P** (kW):

Single Phase Load:

$$P = V \times I \times p.f$$

Three Phase Load:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times p.f$$

i. Design Current, **I** (A):

Single Phase Load:

$I = kW \times 1000 / (V \times p.f)$

Three Phase Load:

$I = kW \times 1000 / (\sqrt{3} \times V \times p.f)$

Three Phase Motor :

$I = kW \times 1000 / (\sqrt{3} \times V \times p.f \times Eff)$

Discharge Lighting :

$I = \text{Wattage of Lamp} \times 1.8 / V$

Motor Starting Current:

Manufacturer's Data မရနိုင်တဲ့ အခြေအနေ မှာ ခန့်မှန်းဘို့ အတွက်

DOL Starter:

$I_{starting} = 7 \times I_{full\ load}$ for 10s

Other Starter:

$I_{starting} = 4 \times I_{full\ load}$ for 15 s

ii.

iii. Voltage Drop (V)

$V_{drop} = [\ (r \cos \varphi + x \sin \varphi) / 1000\ ] \times I \times Length$

IV.

V. Power Grids, Preliminary Load Estimates, Basic Metering Scheme

@. Power Grids

0. အဆောက်အအုံ တွေ ဆောက်လုပ်တဲ့ အခါ အရေးကြီး တဲ့ အချက် ကတော့ လိုအပ်တဲ့ လိုအပ်တဲ့ Power နဲ့ Power Quality ကို အဆက်မပြတ် ရရှိနိုင်ဘို့ ပါ။ ဒီလို နိုင်အောင် အဆောက်အအုံ မဆောက်ခင် ထဲ က စပြီး လေ့လာပြင်ဆင်မှု တွေ လုပ်ရပါတယ်။

i. ပါဝါဖြန့်ဝေတဲ့ Power Grid / Utility Company နဲ့ဆက်သွယ်၊ လိုအပ်ချက်တွေ ကိုတင်ပြ၊ ရှိနေတဲ့ Power Grid Infrastructure တွေနဲ့ ပါဝါ ဆက်သွယ် ရရှိနိုင်မှု တွေ ကို လေ့လာ ပြီး ဆွေးနွေးမှု၊ ညှိနှိုင်းမှု တွေ လုပ်ရသလို ဆောက်နေဆဲ အချိန်မှာ လည်း လိုအပ်သလို တင်ပြ ညှိနှိုင်းမှု တွေ လုပ်ဆောင်ရပါတယ်။ ဒီလို အဆင့်ဆင့် ပူးပေါင်းဆောင်ရွက် မှု ရှိမှ သာ အဆောက်အအုံ ဆောက်ပြီးတဲ့ အချိန်မှာ အချိန်မီ လျှပ်စစ် ပါဝါ ရရှိမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

ii. တိုးတက်နေတဲ့ နိုင်ငံတွေမှာ အဆောက်အအုံ တစ်ခု က ဆောက်လုပ်ပြီးစီး သွားပေမဲ့ လျှပ်စစ် ပါဝါ မရသေးမချင်း အသုံးမဝင်လှ ပါဘူး။ ရောင်းလို့မရ၊ နေလို့မရ၊ ငှားလို့ မရ နဲ့ပေါ့။ ဒါကြောင့် အချိန်မီ ပါဝါ ရဘို့ က အင်မတန် အရေးကြီး ပါတယ်။

iii. ပထမ အဆောက်အအုံ မှာ သုံးမဲ့ Load/ Maximum Demand နဲ့ Load Characteristics တွေ ကို ခန့်မှန်း ရပါတယ်။ Voltage က HT (High Tension) / Medium Voltage လား LT (Low Tension) လား၊ ဘယ်န ဗို့အားတွေ ရနိုင်လဲ ဆိုတဲ့ အချက်အလက် တွေ ကိုလည်း တောင်းယူရပါတယ်။

iv. ပေးမှာက ဗို့အား အမြင့် ဆိုရင် ကိုယ်လိုချင်တဲ့ ဗို့အား ရဘို့အတွက် Transformers လိုပါတယ်။

v. ကိုယ်သုံးချင်တဲ့ ဗို့အား (ဥပမာ အိမ်သုံးဗို့အား) တန်းရနိုင်ရင် Transformers မလိုသလို HT Switchgear လည်း မလိုအပ် ပါဘူး။

vi. Power Company's ရဲ့ပေးနိုင်တဲ့ ဗို့အားက က ကိုယ်လိုချင်တဲ့ Load/ Maximum Demand ပေါ်မှာ လည်း မူတည် တာမို့ ကိုယ် လိုချင် သလို ပေးမှာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ Negotiation တော့ အနည်း နဲ့ အများ လုပ်ကြည့် နိုင်ပါတယ်။

viii. လိုအပ်တဲ့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ Maximum demand (Load) ပေါ်မူတည်ပြီး ပေးနိုင်တဲ့ Supply Voltage တွေ ကို လည်း သတ်မှတ် ဖော်ပြ ထားလေ့ရှိပါတယ်။

Malaysia

Low Voltage

i. 240V, 50Hz, Single-phase, two-wire, up to 12 kVA

ii. 415V, 50Hz, Three-phase, four-wire,up to 45 kVA

iii. 415V, 50Hz, Three-phase, four-wire, C.T. metered, up to 1,000 kVA

Medium Voltage & High Voltage

i. 11 kV, 50Hz, Three-phase, three-wire, 1,000 kVA maximum demand and above

ii. 22 kV or 33kV Three-phase, three-wire, 5,000 kVA maximum demand and above

iii. 66kV, 132kV and 275kV, Three-phase, three-wire, exceptionally large load of above 25 MVA

Singapore

230V, 50Hz, Single-phase, two-wire, up to 23 kVA

400V, 50Hz, Three-phase, four-wire, up to 2,000 kVA

22 kV, 50Hz, Three-phase, three-wire, up to 30,000 kVA

66 kV, 50Hz, Three-phase, three-wire, greater than 30,000 kVA