

東ティモール国

国家開発庁

東ティモール国

国家開発庁組織能力強化技術支援（フェーズ２）

【有償勘定技術支援】

業務完了報告書(3/3)

平成 25 年 10 月

(2013 年)

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

大 日 コ ン サ ル タ ン ト 株 式 会 社
東 京 水 道 イ ン タ ー ナ シ ョ ナ ル 株 式 会 社
株 式 会 社 ニ ュ ー ジ ー ジ 株 式 会 社
株 式 会 社

東大

CR(10)

13-037

添付資料 16 座学研修教材(電力)(テトン語版)

Japanese Technical Assistance
on Strengthening Institutional Capacity
of National Development Agency (AND)
in Democratic of Timor-Leste
-- POWER/ENERGIA --

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

1

Introdusaun

➤ Obejtivo

- Atu hetan konhesimento basiku konaba evaluasaun no inspesaun ba projeitu
 - Atu komprende konaba item nebe esplika iha BoQ
 - Atu komprende konaba material oinsa, ninia funsaun bainhira halo inspesaun iha tereno
 - Atu hetan nivel konhesimentu konaba termus technical nebe usa husi staff ECTL ou kontrator

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

2

Silabus

No.	Conteudo
1	Introdusaun
2	Power Station (Diesel)
3	Substation
4	Linha transmisaun (sistema transmisaun)
5	Linha distribusaun (sistema distribusaun)
6	Energia renovavel (energia Photovoltaic)
7	Sistema protesaun
8	Operasaun no controla sistema energia
9	Seluk tan...

Conteudo ita bele muda tuir kondisaun.

Hau hakarak atu halo diskusaun konaba conteudo ho Sr. Miguel no ita bo'ot sira.

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

3

1. Introdusaun

- ▶ Sistema energia fornese servisu vital/importante ba comunidade.
- ▶ Energia eletricidade atu hanesan ar nebe ita dada/hirup: ita so bele hanoin deit bainhira nia lakon
- ▶ Comunidade modernu labela moris selaiha eletricidade.
- ▶ Tamba ne'e, tenque halo operasaun hodi to'o objetivo.
 - ▶ Mais alto padraun/standard confiabilidade
 - ▶ Custu operacional menus
 - ▶ Impactu ambiental minimu

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

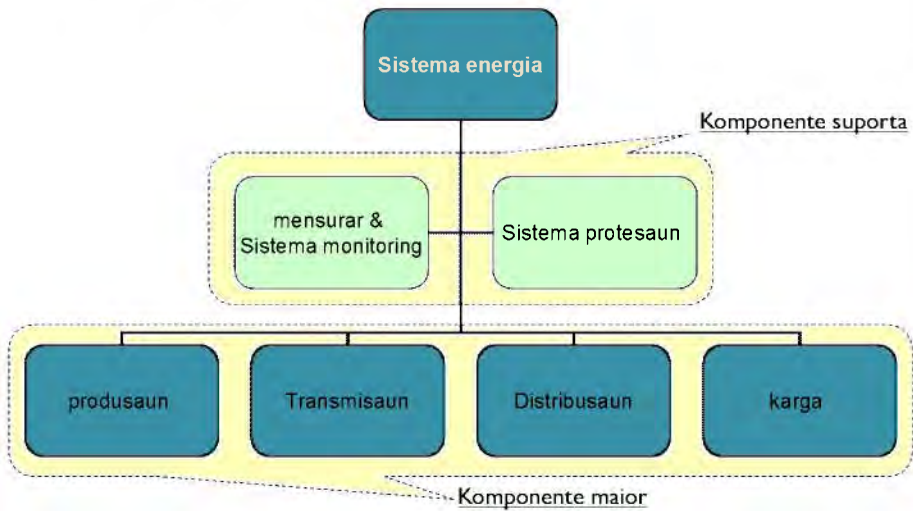
4

1. Introdusaun

Historical Background

- 1882: Central eléctrica iha Pearl Station New York husi Edison fornecimento de energia ba consumidores nain 59.
- 1889: AC linha transmisaun 4 kV, monofásika, iha América do Norte entre air terjun Willamette to'o Portland husi Westinghouse.
- 1893: Primeiro linha trifásica iha southern Califórnia.
- 1954: HVDC sistema transmisaun husi Swedish Power Board

3. Komponente sistema energia (1)

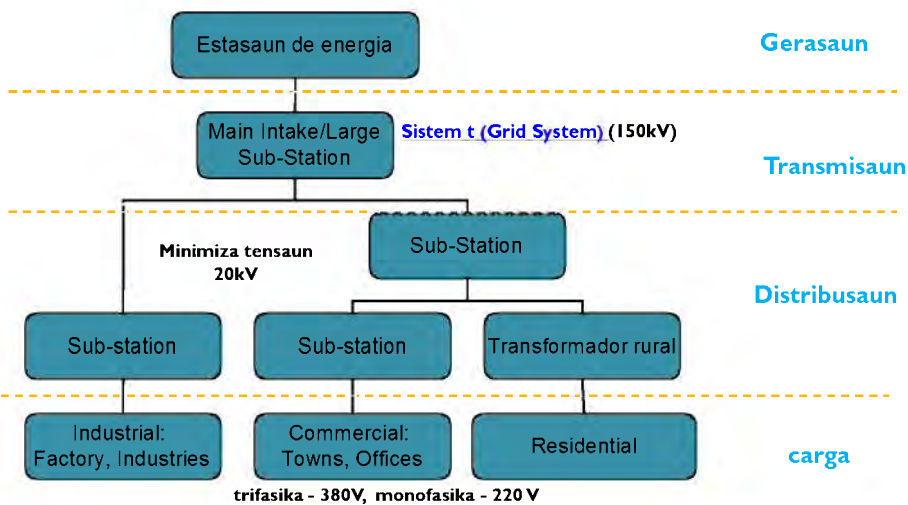


25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

7

3. Komponente sistema energia (3)



25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

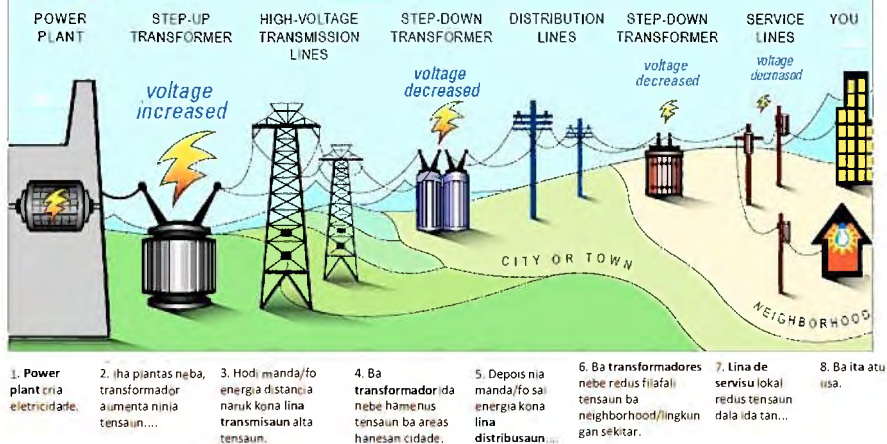
8

(3) Komponente sistema energia (4)

➤ Oinsa energia to'o ba ita?



THE POWER PATH: HOW POWER GETS TO YOU



3. Komponente sistema energia (5)

- Iha stasaun gerasaun de energia (gerando tensaun) → **11 - 20kV** no frekuensia 50 Hz
- Transforma ba tensaun alta (voltage transmissaun) → 150kV
- Transforma ba tensaun baixa (distribuisaun tensaun; tensaun média) → 20kV
- Transformar a tensaun baixa (distribuisaun tensaun, tensaun baixa) → 380V

4. Gerasaun energia (1)

- Gerasaun de energia akontese iha usinas de energia nebe geografikamente iha fatin ketak-ketak
- Usinas de energia bele acomoda gerador ida ou liu.
- fontes energia:
 - ▶ Hydrocarbons (Oleo, carvao, gas natural , etc.)
 - ▶ Water/be'e
 - ▶ Nuclear/nuklir
 - ▶ Chemical/kimika
 - ▶ Solar
 - ▶ Wind/anin
 - ▶ Tidal/pasang naik dan surut

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

11

4. Gerasaun energia(2-1)

- Perfil energia (1): vantagem no desvantagem fontes energia ida-idak?

Energia	Disponibilidade	Custu atu produs electricidade	Por produto
COAL/CARVÃO	Iha barak, maibe nonrenovavel. Tuir estimasaun katak ita iha tinan atus hirak tan ba fornecimento de carvao.	Plantas nebe existente baixo, maibe plantas foun deficit atu hari, custu convestivel menus.	Emissaun do ar hanesan sulfurdioxide, nitrogenoxide, and particulate ou ash(abu).
OIL/OLEO	Iha barak, maibe nonrenovavel. Especialistas discordar/la konkorda konaba ita nia fornecimento sei dura to'o bainhira.	Caro e deficit atu hasai husi rai okos, ou sosa husi nasaun seluk.	Emissaun do ar hanesan sulfurdioxide, nitrogenoxide, carbonmonoxide no particulate or ash (abu).
NATURAL GAS/GAS NATURAL	Iha barak, no ita bele discobre tan, maibe ne'e nonrenovavel.	Plantas foun moderadamente caro atu hari, no custu de convestivel bele as, presu de combustivel oi-oin, maibe folin consistentemente sae tiha ona.	Mo'os liu doque fossil combustivel seluk, maibe nia sei produs emissaun do ar, hanesan nitrogenoxide, carbon monoxide no carbondioxide.
NUCLEAR FISSION/FISAUN NUCLEAR	Uso uranium hanesan combustivel ne'e barak no significamente baratu doque coal/carvão.	Plantas existente nebe baixo tebes, maibe plantas foun caro e complexo atu hari.	Laiha emissaun do ar, maibe varas de combustivel usadu tenque rai ho kuida duante tinan ba tinan, tamba radiaun bele sai ameasa ou perigu.

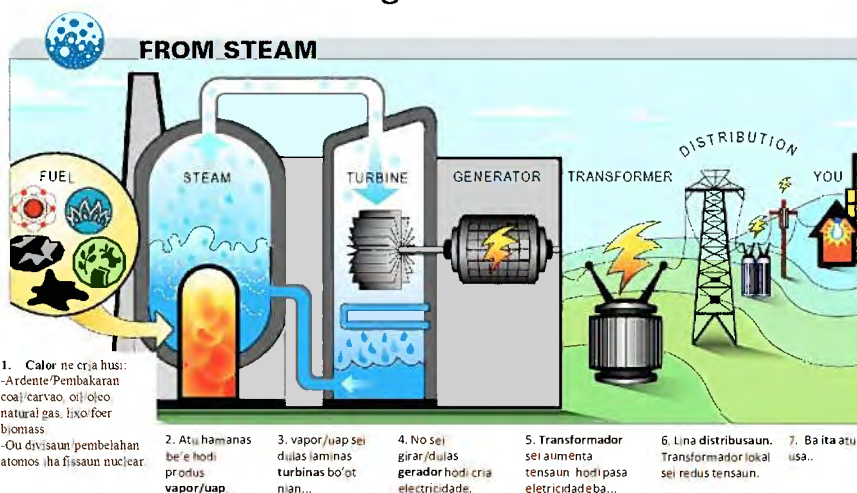
Gerasaun energia (2-2)

➤ Perfil energia (2)

Energia	Disponibilidade	Custu atu produs electricidade	Por produto
HYDRO POWER	Renovavel, maibe numeru mota nebe serve limitado no be suli iha fatin sira ne'e.	Plantas nebe existente nebe baixo tebes, maibe plantas foun moderadamente caro atu hari.	Laiha emissau do ar, maibe barragem sei muda ambiente mota ba ikan no animal seluk no muda fluxo/aliran do rio.
WIND POWER	Anin hu, wind power nia fatin tenque hari iha fatin nebe iha anin.	Moderadamente caro atu hari no halo mantensaun, no tenque hari mos lina transmisaun foun.	Halo barulho no ema balun la gosta, mos bele hakanek manu sira, maibe ita bele halo oinsa hamenus risku hirak ne'e.
SOLAR ENERGY	Renovavel, maibe nia funksiona bainhira iha loro, no mos afeita husi naroman loro.	Naroman loro ne'e livre, maibe solar cell ne'e caro no nia produce energia oitan.	Laiha emisaun do ar, maibe array/deretan solar cell persija area nebe luan.
BIOMASS	Barak nonrenovavel, maibe persija lixo/foer barak atu usa hanesan combustivel.	Lixo/foer ne'e caro atu trasporta no oi-oin, no plantas foun caro atu hari	Emisaun do ar iha oit oan nebe oi-oin tuir fonte/sumber combustivel BIOMASS ida-idak.

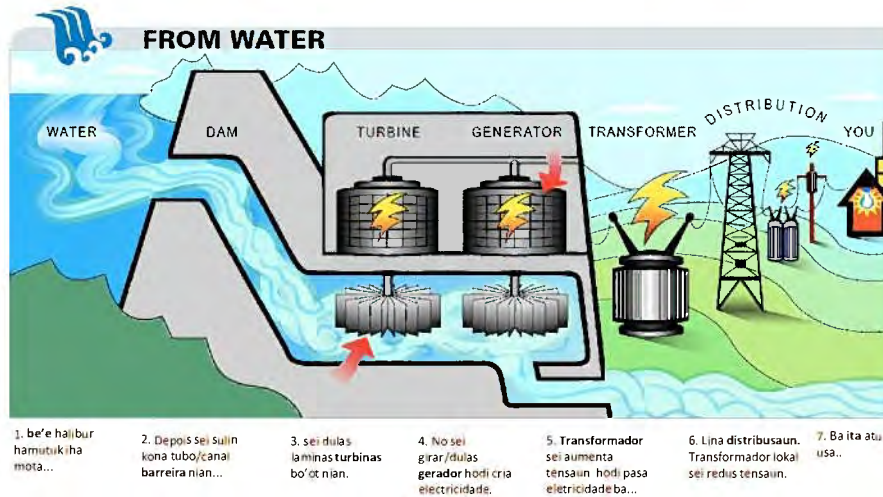
(4) Gerasaun de energia (3-1)

➤ Oinsa fontes energia converte ba eletrica?



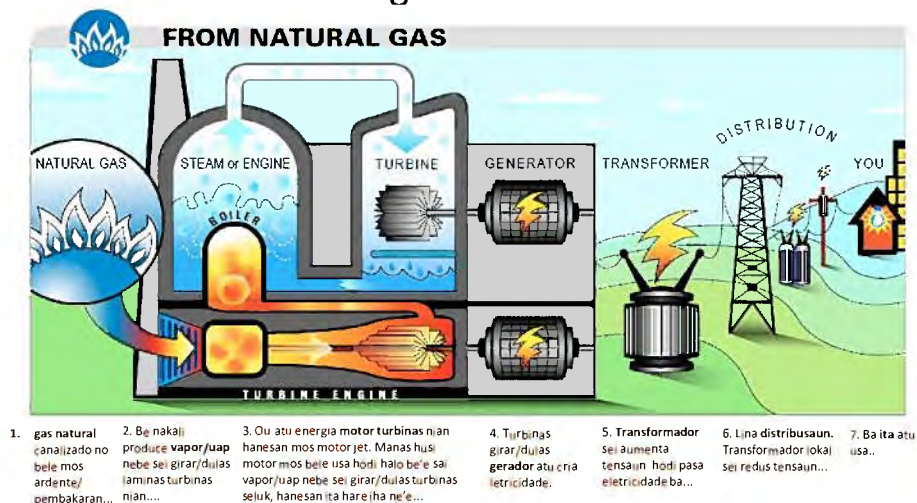
(4) Gerasaun de energia (3-2)

➤ Oinsa fontes energia converte ba eletrica?



(4) Gerasaun de energia (3-3)

➤ Oinsa fontes energia converte ba eletrica?



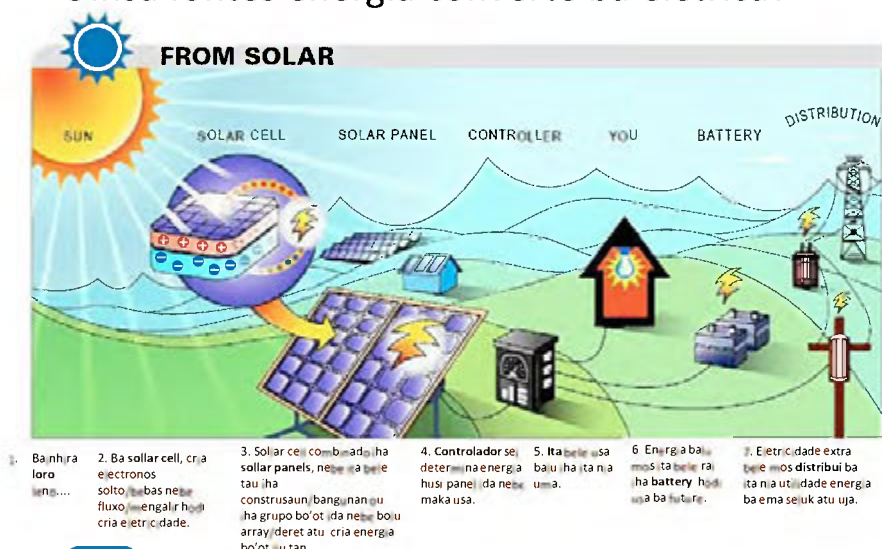
(4) Gerasaun de energia (3-4)

➤ Oinsa fontes energia converte ba eletrica?



(4) Gerasaun de energia (3-5)

➤ Oinsa fontes energia converte ba eletrica?



Sistema transmisaun (1)

- Stasaun de energia acontese iha usinas de energia nebe geografikamente iha fatin ketak
- linas/transformer halo operasaun ho voltagem acima 100kV nebe bai-bain bolu sistema transmisaun
- Comsisti husi linha transmisaun no substation

5. Sistema transmisaun(2)

- Equipamentus transmisaun energia
 - ▶ Step-up and Step-down Transformers Energia.
 - ▶ Regulador tensaun
 - ▶ Fase shifter
 - ▶ Linha transmisaun no cabos
 - ▶ Circuit breakers no isolators
 - ▶ Shunt and series reactors and capacitors
 - ▶ Lightning arresters/penangkal petir
 - ▶ Protective relays
 - ▶ Fact devices/instrumento fato (SVC, Statcom, TCSC, etc.)
 - ▶ Converter and Inverter

6. Sistema distribusaun (1)

- ▶ Linhas / transformadores halo operasaun ho tensaun abaixo 100kV nebe bai-bain bolu sistema distribusaun
- ▶ Parte husi sistema utilidade energia eletrica entre fontes energia lubun bo'ot no servisu ba consumidores entradas(cargas).
- ▶ Simu energia eletrica husi nivel HV/MV
- ▶ Fornese energia ba consumidores ho nivel MV/LV monofasika ou trifasika
- ▶ 20kV, 380V e 220V

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

21

II. REVISAUN RÁPIDA KONABA ENGENHARIA ENERGIA BÁSICA

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

22

6. Sistema distribuisaun (2)

➤ Equipamentus sistema distribuisaun

- transformadores distribuisaun
- Alimentadores/carregadores (cabos liu husi leten ou rai okos)
- Interruptores/stopkontak, fuse/sekring, etc
- Protective relays
- Penangkal petir
- CT / PT



Fornesimento ba comunidade rural redus husi 20kV ba voltagem domestic (380/220V) husi poste nebe monta ho trafo.

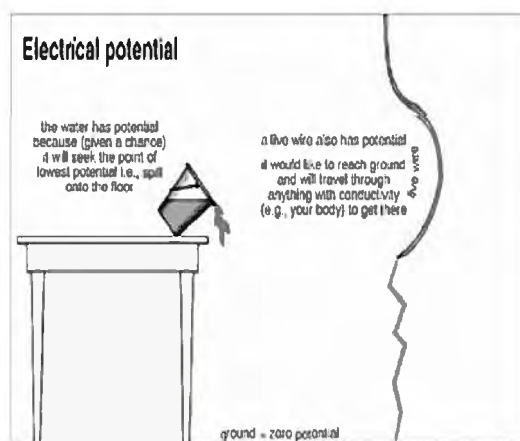
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

23

Voltagem/tensaun

- Medida em Volts (V)
- Forza eletromotive ou potencial entre pontos rua?
- Referensia = ground (0 Volts)
- analogia comum
- tensaun comparabel ho presaun be'e iha tubu ida. Presaun ne'e iha atu bele provoca be'e atu flui/suli se valvo ida nakloke.



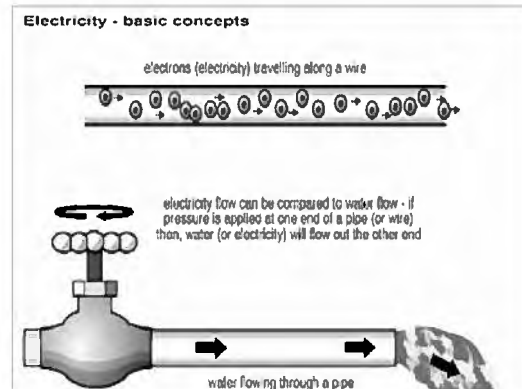
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

24

2. Corrente

- Medida em ampères (A)
- Referido como "I"
- equasaun eletrical
- Fluxo/sulin de elétrons kona circuito ida
- Analogia bee
- Bee oitaoan flui/sulin kona tubu ida komparabel ho corrente nebe flui/suli iha circuito eletrical ida nia laran.



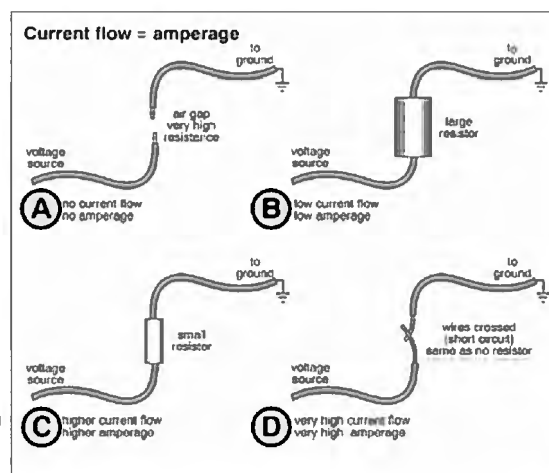
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

25

3. Resistensia

- Medida em ohms (Ω)
- Referido como "R" iha equasaun elétricas
- Oinsa eletricidade facilmente suli/fluxo liu husi circuit ida.
- Depende ba propriedades físicas do circuito (i.e, dimensi arame)
- analogia bee
- Tubos ho diametro kiik liu permite bee oitaoan deit maka sulin duque tubo ho diametro bo'ot liu.



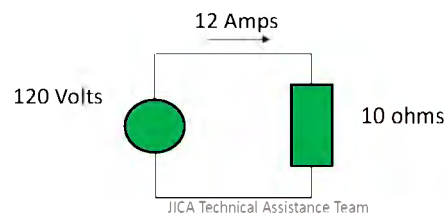
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

26

4. Lei Ohm

- ▶ Tensaun = Corrente x Resistencia ($V = I \times R$)
- ▶ Corrente = Tensaun / Resistencia ($I = V / R$)
- ▶ Exemplo:
 - ▶ Tensaun = 120 V
 - ▶ Resistencia = 10 ohms
 - ▶ Corrente nebe flui/suli kona circuit = $120/10 = 12$ amperes



25/5/2013

27

5. Potensia/energia

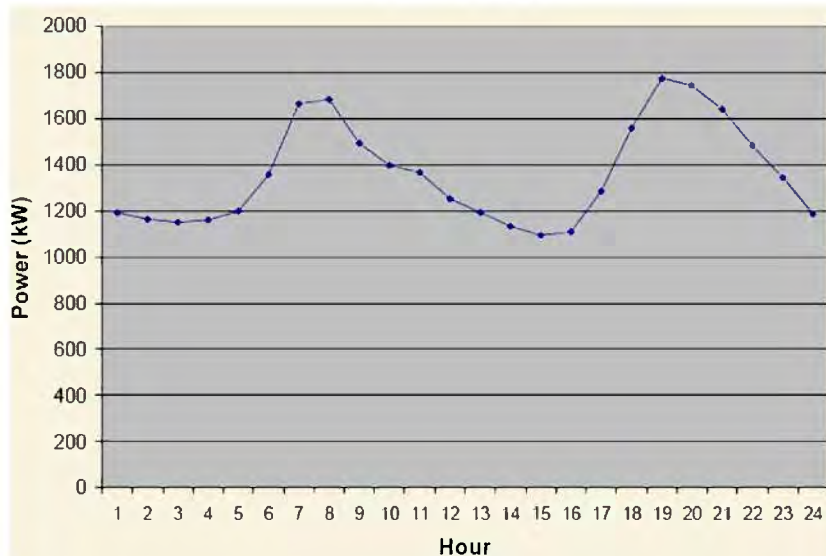
- ▶ Medida em Watts (W)
- ▶ 1,000 W = 1 kilowatt (kW)
- ▶ 1,000,000 W = 1 Megawatt (MW)
- ▶ Energia = Volts x Amps = $V \times I$
- ▶ Quantidade eletrica nebe consumido hela iha momento no tempo
- ▶ Bai-bain referido como “demanda”
- ▶ Hanesan bai-bain “integrated/integrado” or “averaged/media” kona periodo do tempo – 15 minutus, 30 minutus, 60 minutus

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

28

Exemplo ida konaba curva de potencia/energia diario



25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

29

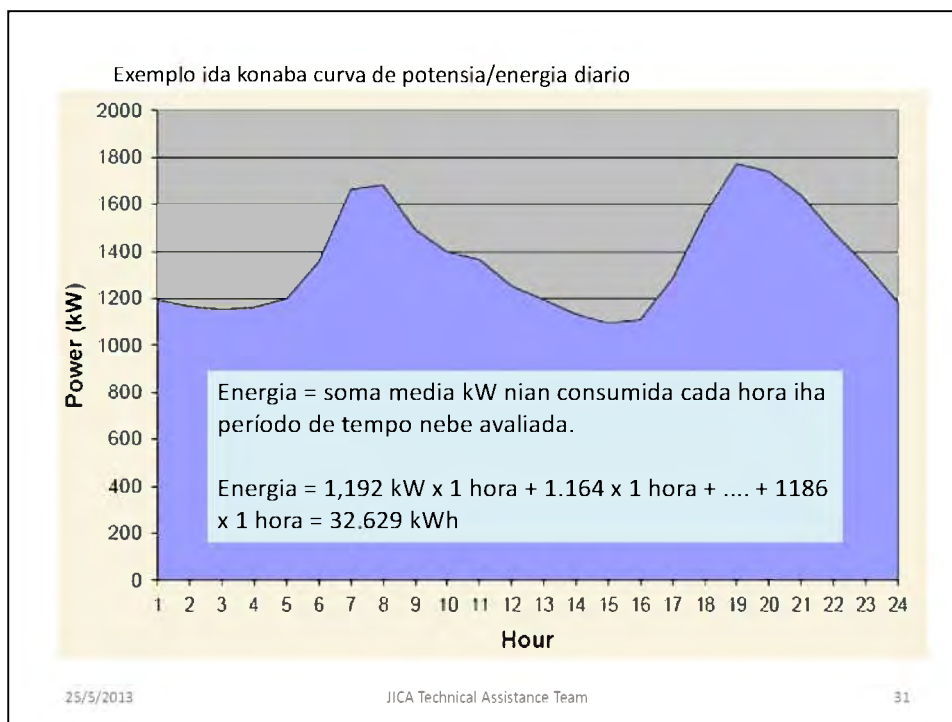
5. Energia

- Medido em Watts (Wh)
- 1000 Wh = 1 kilowatt-hour (1 kWh)
- 1,000,000 Wh = 1 Megawatt-hour (1 MWh)
- 1,000,000,000 Wh = 1 Gigawatt-hour (1 GWh)
- Energia nebe consumo over time
- Exemplo: lampu ampolas 100 Watt ida husik lakan ba oras 10 = $100W \times 10h = 1,000Wh = 1 kWh$ consumido
- Area iha curva de demanda nia okos

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

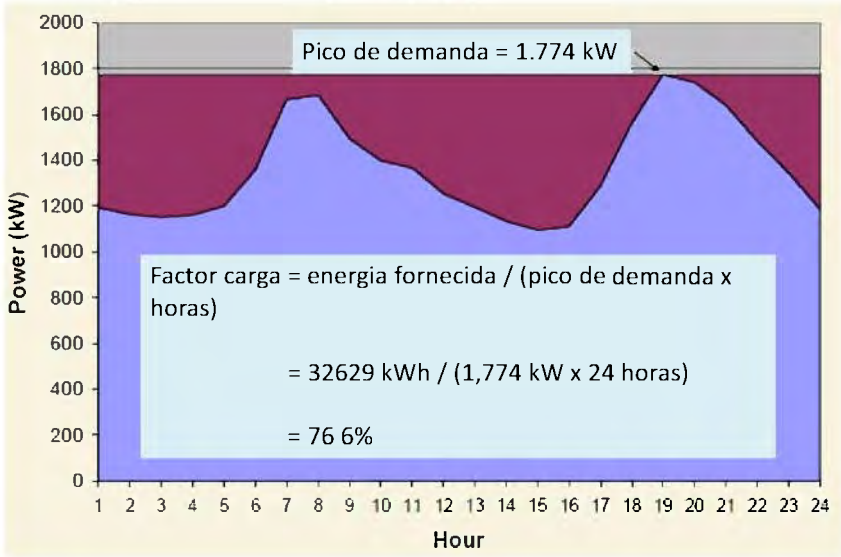
30



7. Factor carga (1)

- ▶ Medida utilizasaun de energia (uso de recursos)
- ▶ Rasio media demanda ba pico de demanda
 - ▶ $LF = \text{média demanda} / \text{pico demanda}$
- ▶ Mos expressa rasio energia nebe fornese kona período de tempo nebe fo ba quantidade energia nebe maka bele fornese
- ▶ $LF = \text{energia fornecida} / (\text{pico de demanda} \times \text{horas})$

Exemplo ida curva de potencia/energia Diário

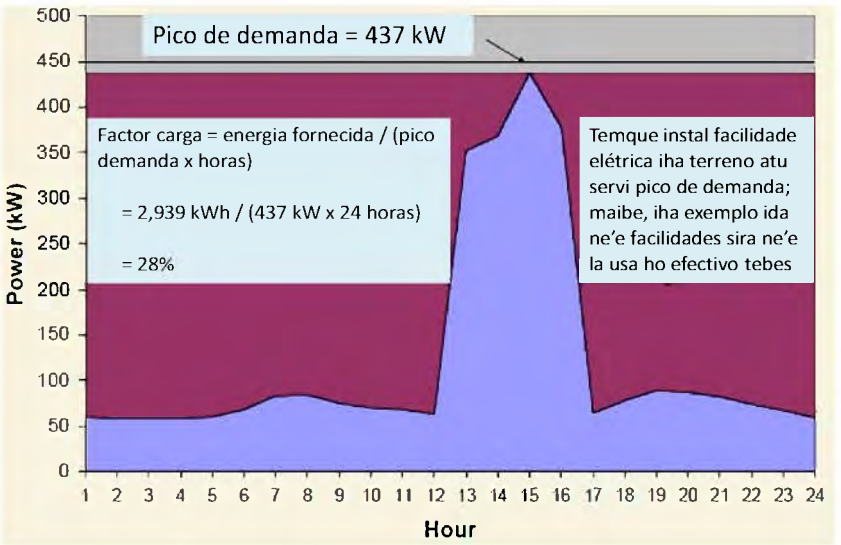


25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

33

Exemplo factor carga pobre/nebe ladiak



25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

34

7. Factor carga (2)

- Typical factor carga
 - ▶ Sistema = 50% - 70%
 - ▶ Residencial = 50% - 70%
 - ▶ Comercial kiik = 30% - 40%
 - ▶ Comerciaa bo'ot = depende ba tipo operasaun
 - ▶ Ba consumidores nebe ho factor carga baixa fator nivel retil ruma, ho demanda de carga nebe bele justificada.
 - ▶ Demanda de carga hadia recopera custus de facilidades nebe instal tiha ona iha tereno atu responde ba pico de demanda.

25/5/

35

8. Impedancia

- ▶ Ba sistema corrente alternada(AC), resistensia (R) actulamente compostu husi componente resistive no componente reactive nebe bolu Impedancia (Z)
- ▶ $Z = R + jX$
 - ▶ R = componente resistive
 - ▶ X = componente reactive
- ▶ Componente Reative bele mos sai indutansia ou capacitansia ida.

25/5/2013

J CA Technical Assistance Team

36

9. Reatancia

- Typical Cargas servidas inclui cargas resistive no inductive
 - Ahi Incandescente = carga resistive
 - Calor resistencia eletrica = carga resistive
 - Motors = carga inductive
 - Ahi fluorescentes compac = parcialmente carga inductive ida
- Componente reactive husi impedansiade ida indesejavel tamba nia halo corrente flui/suli kona sistema nebe lahalo usefulwork/trabalho util.
 - Non useful work medido em VARs
 - 1000 VARs = 1 kVAR

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

37

10. Factor potencia

- Fator de potencia/energia ajuda atu descreve corrente hira maka flui/suli kona circuito ida nebe halo usefulwork/trabalho util.
- Factor de potencia ida 1,0 significa katak laiha corrente nebe flui/suli atu servi carga reactive- quantidade cargas nebe persija minimizado no efisiensi sistema maximizado.
- Factor de potência/energia ida $<1,0$ significa katak iha certa quantidade indesejavel fluxo/suli.

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

38

11. Potencia Aparente no Potencia Verdadeiro (1)

- Hano in fila fali katak potencia/energia = Volts x Amps
 - Formula ida ne'e tuir loos calcula "potencia aparente" iha sistemas de corrente alternada
 - Fo resultado iha Volt-Ampères (VA)
 - 1,000 VA = 1 kVA
- Potencia Verdadeiro = Volts x Amps x Factor de Potencia
 - fo resultado iha Watts (W)
 - 1,000 W = 1 kW
 - ba fator de potência ida 1,0, potencia verdadeiro = potencia aparente

25/5/2013

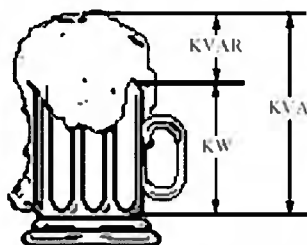
JICA Technical Assistance Team

39

11. Potencia Aparente no Potencia Verdadeiro (2)

• Beer Analogy

The Beer Analogy



- ▶ Potencia verdadeiro (kW) nebe halo servisu vale bele compara ho cerveja nebe iha caneca
- ▶ Potencia non-useful (kVAR) bele compara ba espuma
- ▶ Potencia aparente (kVA) bele compara ho capacidade caneca nian nebe persija atu manter/segura cerveja no espuma

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

40

11. Potencia Aparente no Potencia Verdadeiro (3)

- Exemplo:

- ▶ Carga 10 kW ho fator de potencia 1,0 = 10 kVA
($kVA = kW / pf = 10 / 1,0 = 10 \text{ kVA}$)
- ▶ ba factor de potencia 0,8, potencia aparente = 12,5 kVA ($10 / 0,8$)
- ▶ Transformador 10 kVA sei servi carga ida ne'e sei sai 100% carregado iha factor de potencia 10 no 125% carregado iha factor de potencia 0,8
- ▶ Tamba ne'e, investimento ba capacidade sistema adicional ne'e necessario para servi cargas ho fator de potencia $<1,0$

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

41

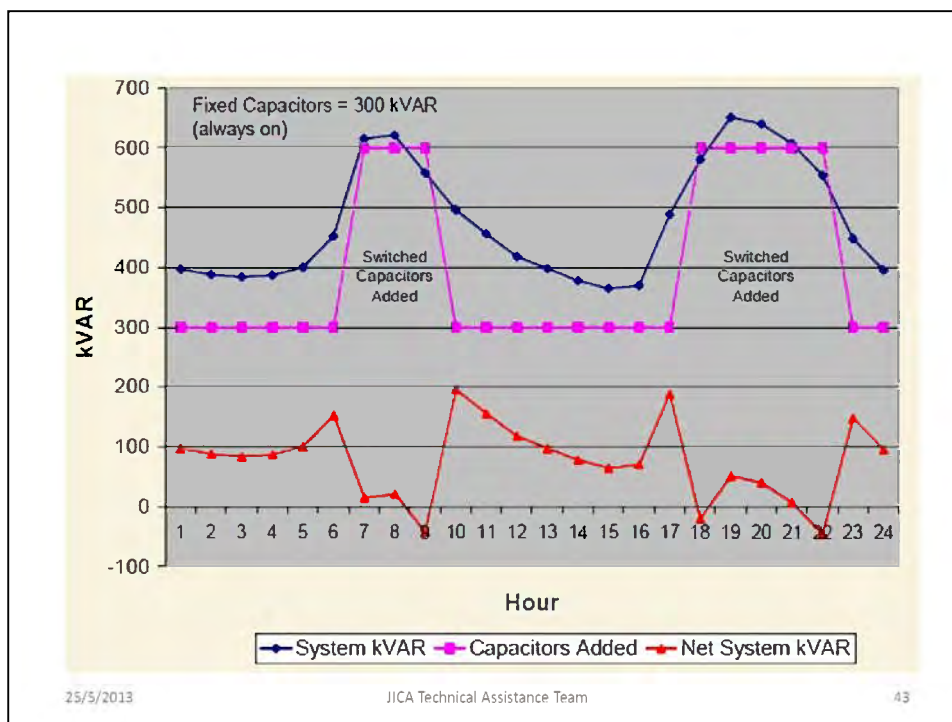
12. Corijir factor de potencia

- ▶ Indutive KVARs bele cancelado liu husi aumenta quatidade igual husi capacitive kVARs .
 - ▶ Tamba ne'e maka capasitor aumentado ba sistema de potencia/energia
 - ▶ Tamba carga inductive iha sistema variam husi tempo ba tempo, porsaun balun capasitor nian aumentado ba sistema ne'e persija atu liga ou desliga tamba carga inductive aumenta no diminui.
- ▶ Capasitor barak tebes iha sistema ladiak mos hanesan capasitor nebe lasuficienti

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

42



13. Perdas/kerugian do Sistema(1)

Perdas do Sistema = Energia Comprada - Energia vendida

tamba % da energia comprada:

$$\frac{\text{perdas do sistema}}{\text{energia comprada}}$$

CUIDADO!!!

Diferença iha tempo no carga bainhira metros
consumedores lee compara ho bainhira metros
substation lee ne'e bele hamosu erros no lakon
kakulasaun.

25/5/

JICA Technical Assistance Team

44

13. Perdas/kerugian do Sistema(2)

- ▶ Total perdas husi gerasaun ba membro do consumidor bele sai 10% ba 20% (perdas do sistema de distribuisaun tipicamente bele sai 5% a 10%)
- ▶ Tipos rua konaba perdas
 - ▶ Perdas de carga - mudansa ho carga
 - ▶ no – load perdas -independentemente constante de carga

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

45

13. Perdas/kerugian do Sistema(3)

- Perdas de cargas
 - Corrente flui/suli kona resistencia produz perdas sob a forma de calor
 - Perdas (potensia/energia) = $V \times I$
 - Hanoiin fila fali lei de Ohm $V = R \times I$
 - Tamba ne'e Perdas = $(I \times R) \times I = I^2 \times R$
 - Husi formula ida ne'e ita bele hare katak perdas aumenta exponencialmente ho corrente. Ita bele halo buat ruma atu hatuun corrente sei iha efeitu dramatiku wainhira hatuun perdas.
 - Redusaun corrente husi $\frac{1}{2}$ sei reduce perdas ba $\frac{1}{4}$

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

46

13. Perdas/kerugian do Sistema(4)

➤ No-Load perdas

- Core/inti/nucleus perdas de transformadores
- Mai husi magnetizasaun núcleos de transformadores
- Essencialmente constante, maibe, perdas nucleu variam ho voltagem nebe aplicada ba transformador

25/5/2013

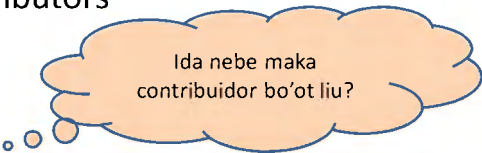
JICA Technical Assistance Team

47

13. Perdas/kerugian do Sistema(5)

• System Losses: Contributors

- ▶ Substation Transformers
- ▶ Regulador linha tensaun
- ▶ Pri. & Sec. Conductor
- ▶ Capacitors
- ▶ Distribution Transformers



Ida nebe maka contribuidor bo'ot liu?

Area de sistema	perdas como % of Total requerimentu sistema energia
Transformers no Regulador ba substasaun	1.0
Linha Distribuisaun no Regulaor	3.5
Transformers Distribuisaun	2.5
Secondary and Servicus	1.5
Equipamentus metros	0.5
Total Sistema	9.0

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

48

III. INTRODUSAUN KONABA TRANSMISAUN NO DISTRIBUISAUN ENERGIA ELTRICA

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

49

1. Pergunta introductory

➤ Energia eletrica to'o iha ami nia cidade liu kona linha transmisaun alta tensaun. Frasaunargas saida maka lao kona linha transmisaun hirak ne'e no pasa husi kuartu ida ne'e?

- A. Cerca de 1%
- B. cerca de 0,01%
- C. Exatamente 0%

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

50

2. Observasaun

- Energia elétrica umakain ne'e maka corrente alternada (AC)
- Tensaun/voltagem umakain tipicamente 120V ou 240V (iha ne'e, 220V)
- energia distribuida ho tensaun nebe as tebes
- Transformadores de potencia/energia ne'e bai-bain tiha ona iha ita leet
- Substasaun de energia iha neba, mas mais dificil atu hetan

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

51

3. 4 Perguntas

- tamba sa maka energia la transmite ho tensaun baixa?
- Tamba sa maka energia la fornecida ho tensaun alta?
- saida maka "corrente alternada" no tamba sa maka usa nia?
- Oinsa transformador transfer energia?

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

52

4. Pergunta 1

- tamba sa maka energia la transmitido ho tensaun baixa?

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

53

5. Energia eletrica no fiu

- Corrente eletrica pasa kona fiu converte energia eletrica iha termica energia
 $\text{energia gasta} = \text{corrente} \cdot \text{tensaun drop/tuun kona fio.}$
- dezde fiu obedece lei de Ohm,
 $\text{tensaun drop/tuun iha fio} = \text{resistencia} \cdot \text{corrente},$
- Energia nebe fiu gasta maka:
 $\text{energia gasta} = \text{resistencia} \cdot \text{current}^2.$
 Duplicasaun corrente quadruplica energia nebe gasta!

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

54

6. Clicker Pergunta

➤ Fiu naruk rua sei lori energia eletrica eficiente liu husi gerador ba comunidade se difference tensaun entre fiu maka:

- A. Boot no corrente nebe sira lori boot.
- B. Boot no corrente nebe sira lori kiik.
- C. Kiik no corrente nebe sira lori boot.
- D. Kiik no corrente nebe sira lori kiik.

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

55

7. Correntes boot ne'e wasteful/desperdisiu

- Objetivo husi sistema distribuisaun energia atu transmitir energia eletrica lubun boot ba cidade ida, energia transmitida = corrente · tensaun drop/tuun ba cidade,
- Maski gasta energia eletrica oitoean iha fios, energia gasta = resistensia · corrente².
- Energia ne'e efesiensia bele simu/hetan husi usa:
 - corrente kiik,
 - Tensaun/voltagem boot
 - No fios baixa-resistensia.

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

56

8. Pergunta 2

- Tamba sa maka energia la fornecido ho tensaun alta ?

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

57

9. Tensaun Alta ne'e perigozu

- Bainhira quedas tensaun boot disponiveis/iha,
 - campos elétricos fortes sei presentes/iha,
 - Cargas hetan enormes forças,
 - no correntes tendem/koko atu flui/suli kona dalan nebe ita laespera.
- Energia eletrica alta tensaun iha uma ida maka
 - risco de ignisaun,
 - perigo ahi,
 - no risco de eletrico choque.

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

58

10. Hierarquia de tensaun

- Corrente boot ne'e wasteful/despirdisiu liu ba linha transmisaun
- Altas tensaun ne'e perigozu tebes atu fornece
- Tamba ne Distribuisaun energia eletrica usa hierarquia:
 - circuitos alta tensaun iha campo
 - circuitos média tensaun iha cidades
 - circuitos de baixa tensaun em bairros no uma
- Transformadores transfer energia entre circuitos!

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

59

11. Pergunta 3

- Saida maka “currente alternada” no tambasa maka usa nia?

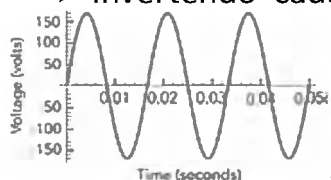
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

60

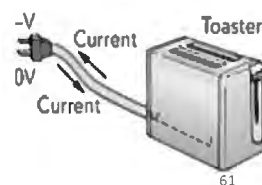
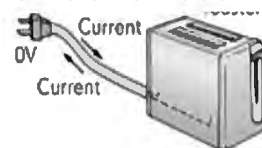
12. Corrente Alternada(AC)

- Iha corrente alternada,
 - tensaun fios de fornecimento de energia alternada
 - no correntes resultantes normalmente alternada mos.
- Tensaun alternada iha ne'e
 - completa 50 ciclos per second,
 - invertendo cada 1/100 second.



← Figura ne'e hatudu 60 ciclos per second

JICA Technical Assistance Team



61

13. AC no Transformers

- AC iha efeito oitan ba dispositivos elétricos simples (por exemplo, lâmpadas, aquecedores, torradeiras)
- AC incomodo ba dispositivos eletronicos (por exemplo, computadores, televisores, sistemas de som)
- AC permite uso fácil ba transformadores,
 - Ida nebe maka bele muda energia entre circuitos:
 - Husi circuitos baixa tensaun ba circuitos alta tensaun
 - Husi circuitos alta tensaun ba circuitos baixa tensaun

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

62

14. Perguntas 4

- Oinsa transformer transfer energia?

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

13

15. Eletromagnetismo

- Campos magnéticos produzidos husi
 - pólos magnéticos (maibe pólos livres parece la existi),
 - muda cargas eletricas,
 - No troka campos eletricos [mais tarde ...
- campos electricos produzidos husi
 - cargas eletricas,
 - muda pólos magneticos,
 - No troka campos magnéticos.

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

14

16. Indusaun eletromagnetica

- Muda polos ou troka campos magnéticos
 - produz campos elétricos,
 - Nebe dudu correntes kona condutores,
 - Nebe produz campos magneticos.
- Troka efeitos magneticos induzir correntes
- Induzidas Correntes para produz campos magneticos

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

15

17. Lei de Lenz

- Lei Lenz nian prediz konaba natureza induzidos campos magnéticos :

“bainhira mudansa campo magnético induz corrente iha condutor ida, campo magnético husi corrente ne'e oppose/hasoru mudança nebe induz nia”.

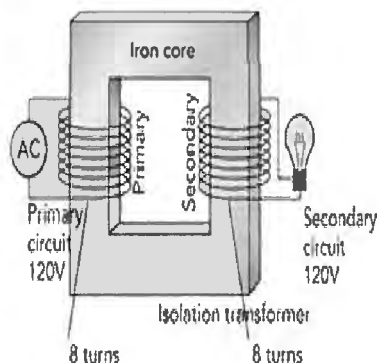
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

16

18. Transformer

- Corrente alternada iha circuito ida bele induz corrente alternada ida iha segundo circuito
- Transformador ida
 - usa indusaun
 - Hodi transfer energia entre ninia circuitos
- mas la transfer carga ruma entre ninia circuitos



25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

67

19. Corrente no tensaun

- Transformador tenque obedece conservasaun de energia
- Energia to'o iha ninia circuito primário tenque igual ho energia nebe hela iha ninia circuito secundário
- Dezde energia ne'e produktu husi voltagem . Corrente,
 - Transformador bele troca voltagem ba corrente
 - ou corrente ba voltagem!

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

68

20. Clicker Pergunta

- Se o aumenta/hasae número espiras de fio iha bobinas secundaria transformer nian, carga idak sei la'o kona fiu sira ne'e sei experiencia:
 - A. Força frente hanesan ba distancia naruk liu.
 - B. Força frente boot ba distancia naruk liu.
 - C. Força frente boot ba distancia nebe hanesan.
 - D. Força frente hanesan ba distancia nebe hanesan.

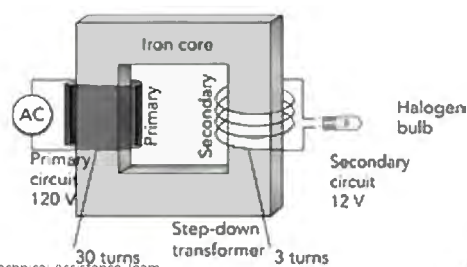
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

69

21. Step-Down Transformer

- Step-down transformador
 - Iha relativamente dulas oitoan iha ninia bobina secundário
 - Entaun carga hetan dudu ho distancia badak liu.
 - No experiencia voltagem kiik sae/aumenta
- Corrente boot iha tensaun/voltagem menor/kiik fluxos iha circuito secundário



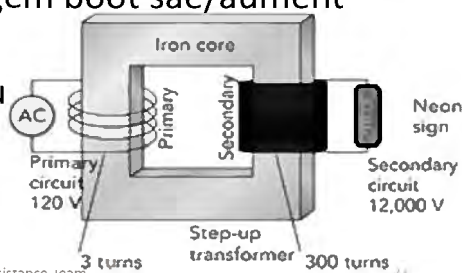
25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

70

22. Step-Up Transformer

- transformador step-up
 - iha relativamente dulasbarak ihaninia bobina secundária
 - Entaun carga hetan dudu ho distansia naruk liu
 - No experienca voltagem boot sae/aument
- Corrente kiik liu
 - Iha voltagem boot liu fluxos iha circuito secundário



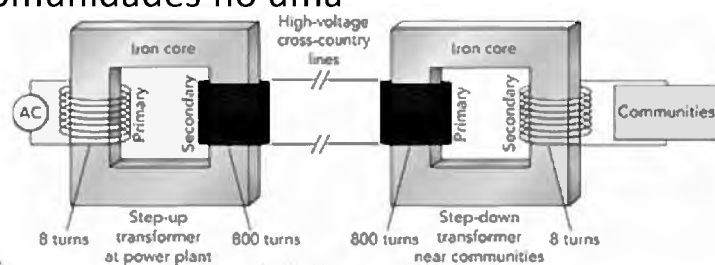
25/5/2013

JICA Technical Assistance team

71

23. Transmisaun & Distribuisaun

- Step-up transformador aumenta tensaun ba transmisaun eficiente longa distansia
- Step-down transformador diminui/hamenus tensaun para seguru fornecimentu ba comunidades no uma



25/5/2013

JICA Technical Assistance team

72

24. Perguntas introductory (revisited)

- Energia elétrica to'o ami nia cidade via linha transmisaun alta tensaun. Frasaun cargas elétrica saida maka lao kona linhas transmisaun sira ne'e pasa liu husi quatro ida ne'e?

- A. Cerca de 1%
- B. cerca de 0,01%
- C. Exatamente 0%

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

73

25. Summary

- Energia elétrica transmitida ho alta tensaun
- Energia elétrica fornecida ho baixas tensaun
- Transformadores transfer energia entre circuitos
- Transformadores precisa energia AC atu halo operasaun
- Sistema distribuisaun energia maka AC

25/5/2013

JICA Technical Assistance Team

74

AsisténsiaTéniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál nian (ADN)
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

1

Sílabus

No.	Konteúdu
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Liña Tranzmisaun (Sistema Tranzmisaun)
5	Liña Distribuisaun (Sistema Distribuisaun)
6	Renovasaun Enerjia (Enerjia Photovoltaic)
7	Sistema Protesaun
8	Sistema Operasaun Enerjia no Kontrolu
9	Selukseluk

Konteúdu bele muda depende ba kondisaun.
Ha'u hakarak diskute kona-ba konteúdu ho Sr. Miguel no ITA.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

2

IV. ESTASAUN ENERJIA

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

3

1. Introdusaun

- Jerasaun eletrisidade maka prosesu produsaun eletrisidade nian hosi formas seluk enejia nian.
- Ida ne'e realiza ho apoiu hosi unidades produsaun enejia natoon, koñesidu ho Estasaun Produsaun Enerjia Elétriku, Estasaun Enerjia ka Fábrica Enerjia sira.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

4

2. Planu produsaun enerjia elétriku

Ba enerjia elétriku ne'ebe prodús ita presiza preparasaun efikás ida hanesan partes tuirmai:

■ Primáriu transportador:

- Parte ida hosi sistema produsaun elétriku responsabiliza kona-ba mudansa formas seluk enejia nian troka ba mekániku ida.

Ezemplu: Turbina stim konverte enerjia manas ba enerjia mekániku.

■ Alternadór:

- Parte ida hosi sistema produsaun elétriku responsabiliza kona-ba konverte enerjia mekániku ba enerjia elétriku.

Hirak-ne'e servisu hamutuk iha sistema ida besik ho naran:

Primáriu Transportador – Kombinasan Alternadór

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

5

3. Problema Fundamental Produsaun Enerjia

- Enerjia elétriku maka forma ida ne'ebe utiliza maioria enerjia iha fatin hotu-hotu.
- Enerjia elétriku maka rezulta koversaun hosi formas seluk enerjia nian ne'ebe mak buras iha natureza.
- Infelizmente, masa armazenajen enerjia eletriku nian ba tempu naruk seidauk posivel.
- Idane'e mak problema fundamental iha produsaun enerjia elétriku.
- **Enerjia elétriku tenke prodús no tranzmite ba pontu untilizasaun nian iha momentu ezije.**
- Oras idane'e baibain lato'o oras rua.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

6

4. Rekursu enerjia nian

➤ Rekursu enerjia nian tolu importate liu mak:

- ◆ Enerjia kombustivel (Enerjia kombustivel fossil)
- ◆ Enerjia hydro
- ◆ Enerjia nuclear

Partikulares	Enerjia Kombustivel	Enerjia Hydro	Enerjia Nuclear
Kustu inisial	Tunliu	Aas	Aasliu
Kustu la'o	Aas-liu	Tun	Tun-liu
Rezerva	limita	permanente	Abundante
Limpeza	Tunliu	Aasliu	Tun
Simplisidade	Kompleksu	Simple	Kompleksu-liu
Reliabilidade	Tun	Aas-liu	Aas

29/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Téniku

7

5. Estasaun Enerjia Hydroelétriku

- Estasaun enerjia hydroelétriku uza enerjia potensial hosi bee iha nivel aas ba produsaun enerjia elétriku.
- Idane'e maioria lokaliza iha foho leten iha ne'ebe barrajen bele harii no bele hetan rezervatoriu bee boot.
- Estasaun enerjia idane'e bele komesa no hapara fasilliu no lais atu prodús enerjia elétriku ho montante boot.



29/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Téniku

8

6. Planu Estasaun Enerjia Hydro

Maioria komponente importante hosi estasaun enerjia idane'e mak:

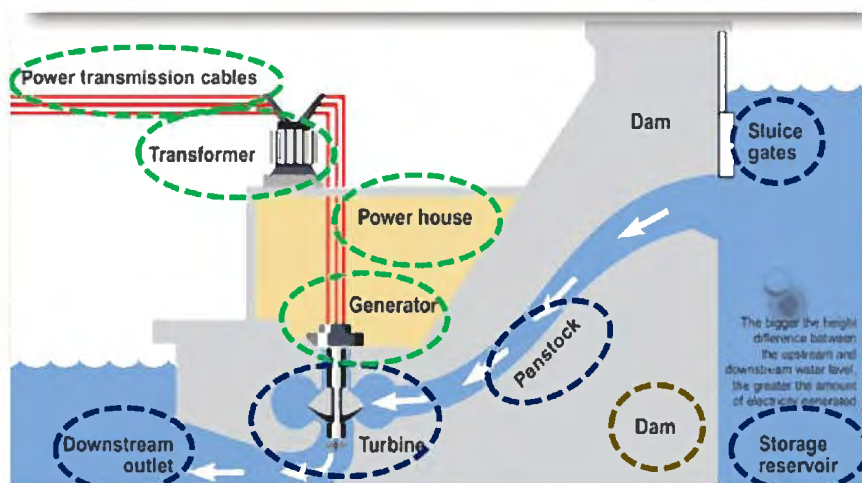
- Rezervatoriu: Idane'e iha ne'ebe bee rai ba hodi uza no bainhira presiza.
- Penstock: Idane'e kanál ida ne'ebe lori bee ba turbina sira. Sira halo atu hodi reforsa betaun ka besi.
- Turbina bee: Idane'e uza atu konverta enerjia hydraulic ba mekániku ida. Turbinas Pelton, Francis no Kaplan mak tipus maioria uza.
- Jerador: Idane'e uza atu konverta enerjia mekániku rotasional hosi turbina liuhosi shaft/elevador, ba enerjia elétriku.
- Draft Tube: Idane'e mak bee sai-fatin ba downstream.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

9

7. Planu skematik hosi Estasaun Enerjia Hydro

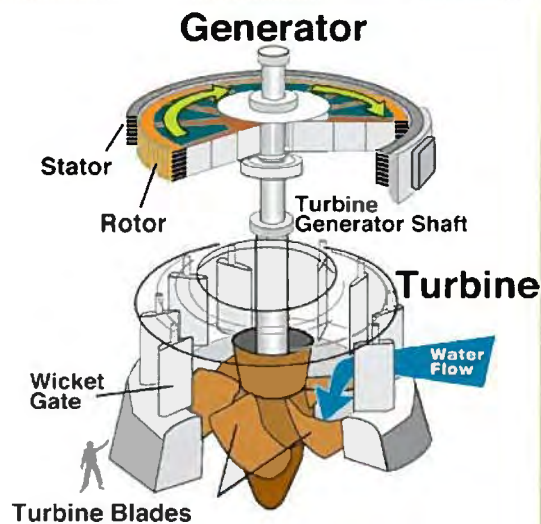


29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

10

8. Típiku Turbina no Jeradór



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

11

9. Vantajen hosi Estasaun Enerjia Hydro

- Nia la presiza kombustivel so uza deit mak bee ba produsaun enerjia nian.
- Nia mesak kapás no moos la hamosu suar no ahi-kudesan.
- Nia presiza karga halai ki'ikoan tebes tanba bee mak rekursu enerjia nian ne'ebe disponivel livre hosi kustu.
- Nia komparativamente simples iha konstrusaun no presiza manutensaun menus.
- Nia la presiza estarta tempu naruk hanesan estasaun enerjia stim. Defaktu, hanesan fabrika bele tau iha servisu diretamente.
- Nia forte no iha tempu naruk.
- Hanesan fabrika serbí prepózitu barak. Aleinde produsaun enerjia elétriku , sira mos apoia iha irrigasaun no kontrolamentu mota-boot.
- Maske nune'e fabrika presiza atensaun hosi ema ho abilidade aas iha tempu konstrusaun nian, seidauk ba operasaun, ema esperensista sira balun bele halo servisu diak.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

12

10. Dezvantajen hosi Estasaun Enerjia Hydro

- Nia involve kustu kapital aas tan konstrusaun barrajen nian.
- Iha inserteza kona-ba disponivilidade hosi montante boboot bee nian tan depende ba kondisaun klima.
- Presiza emprega abilidade no esperiensa atu harii fabrika.
- Nia presiza kustu aas ba liña tranzmisaun hanesan fabrika ne'ebe lokaliza iha foho leten ne'ebe do'ok oit oan hosi konsumidores.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

13

11. Eskema Estorajen Bomba

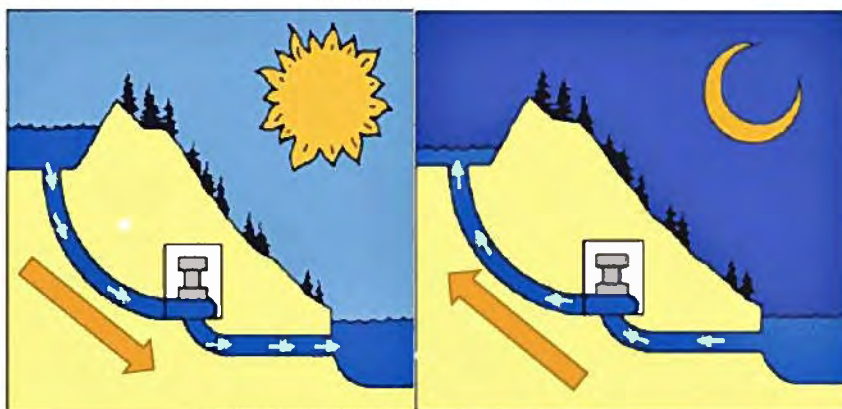
- Eskema estorajen bomba sira maka dalan ida serve hodi rai kuantidades boot enerjia nian ne'ebe bele uza durante emerjensia ka tempu servisu.
- Operasaun:
 - Durante oras deskansa, fabrika dada enerjia elétrik hosi redi elétriku & uza ne'e atu bomba bee ba rezervatoriu leten.
 - Bainhira tempu servisu mai, bee hosi rezervatoriu leten kore ona ba rezervatoriu kraik. Siklu idane'e repete lorloron.
 - Ho sira-nia natureza, eskema estorajen bomba labele uza hanesan karga baze estasaun enerjia.
 - Sira ne'e uza loloos ba oras servisu fornese nu'udar sira bele lori on-line ho-lalais.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

14

12. Prinsípiu Diagrama Estorajen Bomba



Tempu-loron: Bee sulin tun ba kraik liuhosi turbina, prodús elétriku.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

15

Tempu-kalan: Bee bomba hosi foho leten ba rezervatoriu atu uza ba aban nian.

13. Estasaun Enerjia Nuclear

- Estasaun enerjia nuclear uza enerjia nuclear atu prodús enerjia elétriku.
- Nia bele uza atu prodús enerjia elétriku ho montante boot.
- Nia jeralmente lokaliza dook hosi areas populaun.
- Nia bele uza hanesan karga estasaun enerjia baziku.
- Idane'e tanba nia bele foti loron barak atu sai manas no lori on-line.

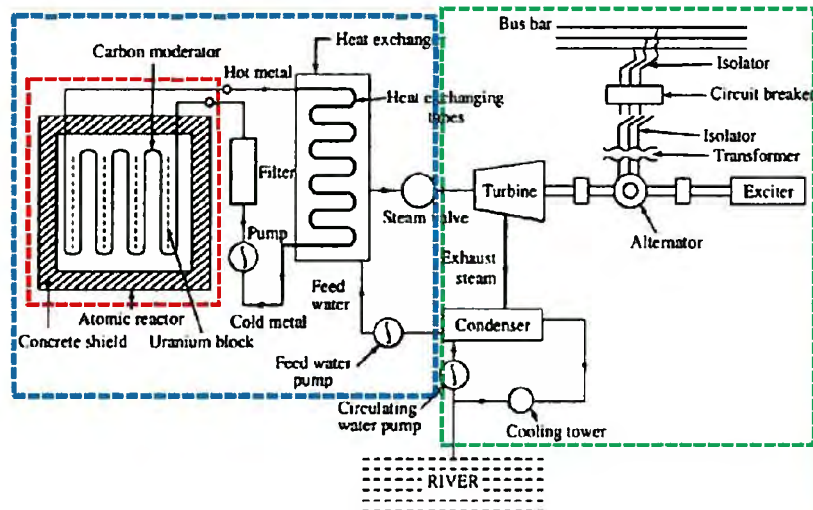


29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

16

14. Diagrama Eskematika ba Planta Enerjia Nuclear



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

17

15. Vantajen hosi Estasaun Enerjia Nuclear

- Kombustivel ne'ebe presiza ho montante ki'ik oituan. Maske nune'e, konsideradu rai iha kustu tranzportasaun kombustivel nian.
- Fabrika enerjia nuclear presiza espasu ki'ik kompara ho tipu seluk ruma ho boot hanesan.
- Nia karga halai neneik tuir montante kombustivel ne'ebe uza ki'ik atu prodús masa enerjia elétriku.
- Tipu fabrika idane'e ekonomiku tebes atu prodús masa enerjia elétriku.
- Nia bele lokaliza besik karga sentru tanba nia la presiza kuantidades boot bec nian no la presiza fornese enerjia besik. Tan ne'e, kustu ba primáriu distribuisaun redús.
- Iha depozitus boot ba kombustivel nuclear disponivel iha fatin hotu iha mundu. Portantu, fabrikas hanesan ne'e bele garantia kontinua fornese enerjia elétriku nian ba tinan rihun tan.
- Nia garante reliabilidade operasaun nian.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

18

16. Dezvantanjén hosi Estasaun Enerjia Nuclear

- Kombustivel ne'ebe uza karun no susar atu rekupera.
- Kustu kapitál kona-ba fabrika enerjia aas tebes kompara ba tipu sira seluk hosi fabrika.
- Produsaun no komisaun ba fabrika presiza tekniku diak hatene-oinsa.
- Distribuisaun hosi-produitu jeralmente radioativu no bele hamosu perigu boot ba polusaun radioativu.
- Manutensaun karga aas tan falta estandarizasaun. Satán, salariu aas ba personalia empregu treinadu espesialmente atu kuida fabrika tan hasa'e kustu.
- Fabrika enerjia nuclear ladun diak ba karga lahanesan hanesan reator la dun responde ba karga namlele efikasmente.
- Disposisaun hosi-produitu nian, ne'ebe radioativu, problema boot ida. Sira hakarak mos tau iha rai-kle'an ka iha tasi dook hosi tasi-ibun.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

19

17. Estasaun Enerjia Mina Fosil

- Estasaun enerjia hirak ne'ebe konverta enerjia kímiku hosi kombustivel fosil (petróleu, oli nst) iha enerjia elétriku bolu estasaun enerjia termál.
- Tuir empregu prime-mover lori alternadu, estasaun enerjia termál bele fahe luan tuir tipus tolu tuirmai:
 - Estasaun Enerjia Stim
 - Estasaun Enerjia Turbina Gás
 - Estasaun Enerjia Diesel

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

20

18. Estasaun Enerjia Stim (1)

- Estasaun enerjia stim/termál uza enerjia manas prodús hosi Kombustivel Fosil nebe sunu (petróleu, oli ...) atu prodús enerjia elétriku.
- Tipu idane'e uza iha fatin hotu-hotu iha mundu.
- Siklu idane'e mak prodús stim nakali, depois lori ba Turbina Stim (prime mover).
- Hosi turbina stim malirin fali ba bee ho kondensar, bee ne'ebe iha fornese fali ba nakali atu repete siklu.
- Tanba abundánsia kombustivel (petróleu), tipu estasaun enerjia idane'e bele uza atu prodús montante boot enerjia elétriku nian.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

21

18. Estasaun Enerjia Stim(2)

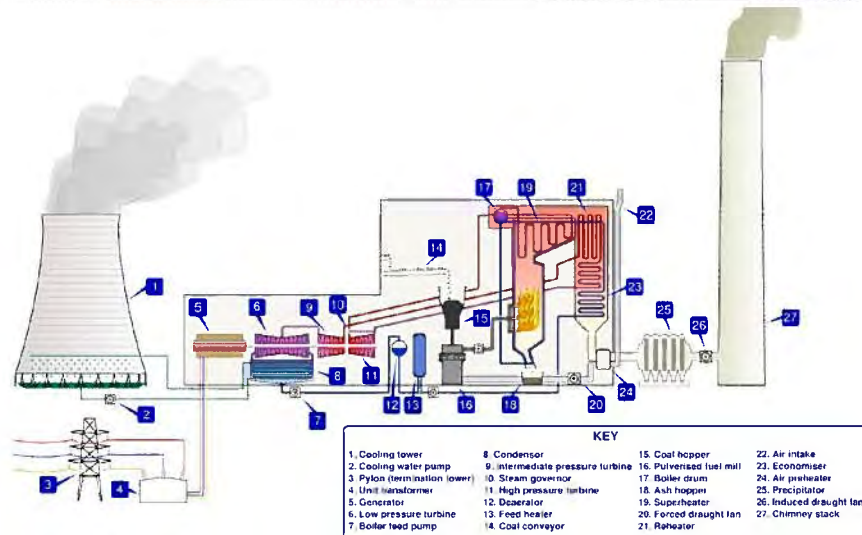
- Estasaun enerjia stim atu komesa ho neneik no la bele uza atu fornese ba karga altu nebe jeralmente akontese ba durasaun badak.
- Estasaun enerjia hirak-ne'e kuidadu halai ho diak atu kompleta efikásia durante 24 oras loron ida.
- Iha nasuan barak estasaun enerjia sira-ne'e uza hanesan karga estasaun enerjia baziku.
- Sira iha típiku moris hosi tinan 30 to'o tinan 40.
- Efikásia bele sa'e to'o 29% ba estasaun enerjia stim.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

22

19. Diagrama Eskematiku Estasaun Enerjia Stim

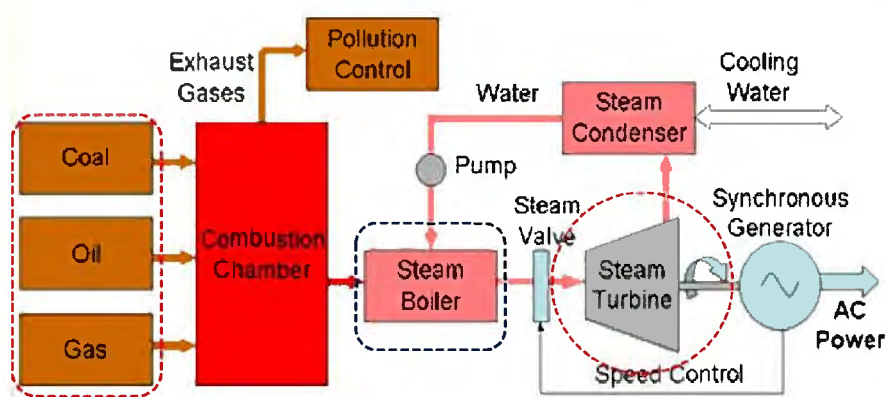


29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

23

20. Diagrama Báziku Estasaun Enerjia Stim

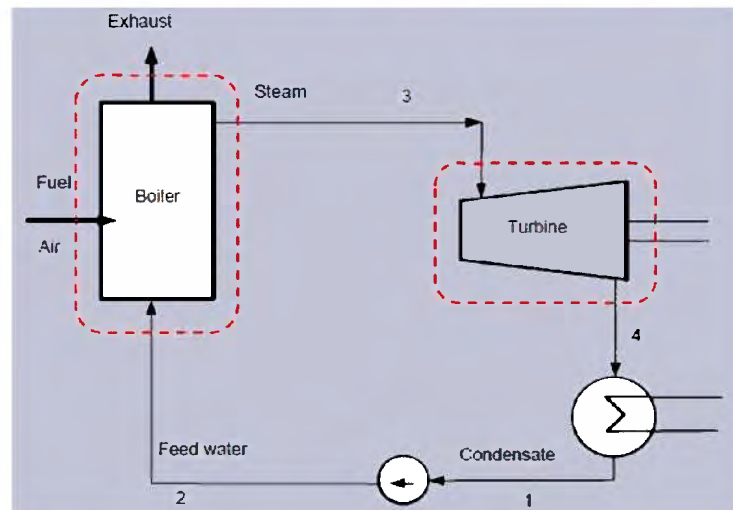


29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

24

21. Modelu Simples hosi Estasaun Enerjia Stim



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

25

22. Vantajen hosi Estasaun Enerjia Stim

- Kombustivel (n.e., petróleu kazu komplikadu) uza baratu oituan.
- Kustu inisial menus kompara ba estasaun produsaun sira seluk.
- Nia bele instala iha fatin la konsidera ruma hosi ezisténsia petróleu nian. Petróleu bele transporta ba fatin fabrika hosi rail ka estrada.
- Nia presiza fatin ki'ik kompara ba estasaun hydroelétriku.
- Kustu ba produsaun menus tebes duké estasaun enerjia diesel nian.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

26

23. Dezvantajen hosi Estasaun Enerjia Stim

- Nia hafo'er ambiente tanba produsaun suar no dois boot tebes.
- Nia halai gastu kustu aas tebes kompara ba fabrika hydroelétriku.



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

27

24. Turbina Gás Estasaun Enerjia

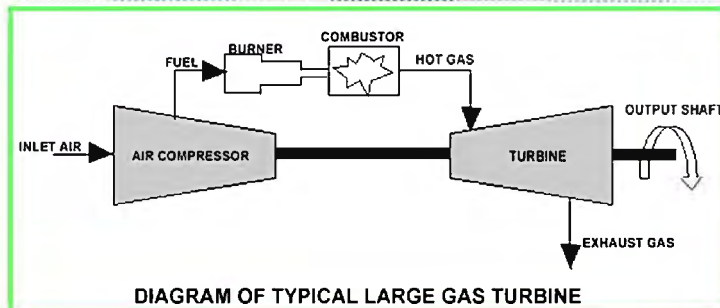
- Estasaun enerjia turbina-gás uza turbina gás sira hanesan mudansa primáriu ba produsaun enerjia elétriku.
- Turbina gás uza gás manas ne'ebé prodús liuhosi sunu kombustivel atu lori turbina. Sira mós bolu turbina kombustaun ka turbina gás kombustaun.
- Nia iha abilidade atu hamoris no hamate iha minutu balun, forneseментu enerjia durante eziyénsia altu.
- Gás turbina siklu boot ida tipikamente prodús enerjia to'o 300 Mega Watts no iha 35–40% termál efikásia.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

28

25. Prinsípiu Hosi Operasaun



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

29

26. Vantajen hosi Estasaun Enerjia Turbina Gás

- Nia dezeńu simples kompara ba estasaun enerjia stim tanba la presiza nakali-liu no sira-nia ausiliarius.
- Nia medida ki'ik –liu kompara ba estasaun enerjia stim ho kapasidade hanesan. Idane'e provavel tanba fabrika enerjia turbina gás la presiza manas-liu, prepara kolesaun bee nst.
- Kustu inisial no operasaun barakliu hatún duké estasaun enerjia stim ekivalente.
- Nia presiza bee komparativamente menus tanba la uza kondensór.
- Karga manutensaun ki'ik oitoan.
- Turbinas gás simples tebes iha konstrusaun no operasaun duké turbina stim.
- Nia bele komesa ho-lalais forma kodisaun malirin.
- La iha frakazu forneseментu.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

30

27. Dezvantajen hosi Estasaun Enerjia Turbina Gás

- Iha problema atu komesa unidade. Idane'e tanba molok estarta turbina, kompresór opera tiha ona baihira enerjia presiza hosi rekursu eksternu ruma. Maibe, bainhira unidades komesa, enerjia eksternu la presiza hanesan turbina rasik fornese enerjia nesesariu ba kompresor.
- Enkuantu parte boot loos enerjia nian dezenvelope ona hosi turbina mak uza hodi lori kompesór, redi produsaun tún.
- Efikásia jerál hanesan fabrika tún (kuaze 20%) tanba gás suar sira hosi turbina iha manas natoon.
- Temperatura kombustaun kuak ne'e aas oitoan (3000°F) tan ne'e ninia moris komparativamente redús.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

31

28. Fabrika Siklu Kombinadu Turbina Gás

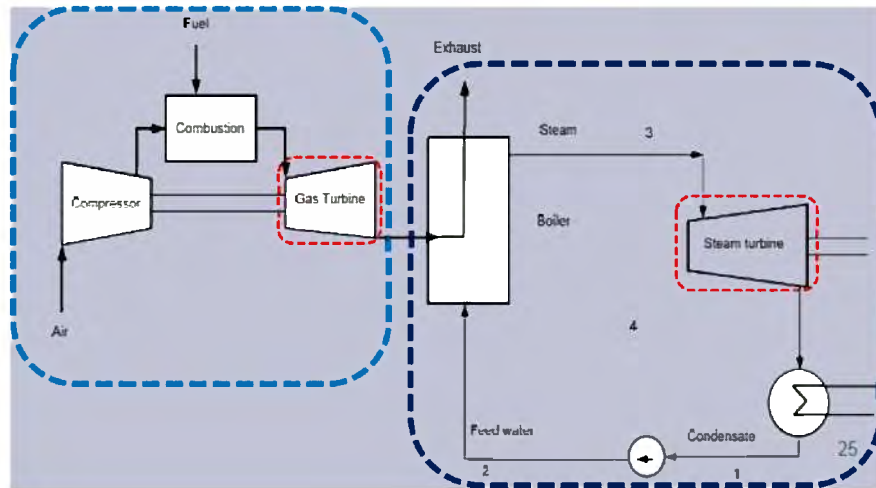
- Estasaun turbina gás jerálmente uza iha konjunsan ho Estasaun Enerjia Stim.
- Gás manas sai hosi turbina sei iha enerjia ho montante significativu (gás sai besik-liu iha presaun ambientie maibe temperatura to'o 500-640°C) ne'ebe uza atu hasa'e stim atu lori turbina-stim no jeradór seluk.
- Kombinasan hosi gás no siklu stim idane'e fó aumenta ba termu fabrika "Siklu Kombinadu Turbina Gás" (CCGT).
- Fabrika siklu kombinadu turbina gás lori hosi sira nain-rua stim no gás natureza. Sira prodús enerjia ho sunu gás natureza iha turbina gás ida no uza resik manas atu prodús eletrisidade natoon hosi stim.
- Fabrika hirak-ne'e oferese efikásias to'o 60%.
- Kuaze 66 % eneja mak prodús iha turbina gás no 34 % iha turbina stim.
- Efikásia hosi fabrika CCGT tipikumente 1.5 oras efikásia hosi siklu fabrika turbina gás.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

32

29. Siklu Kombinadu Turbina Gás

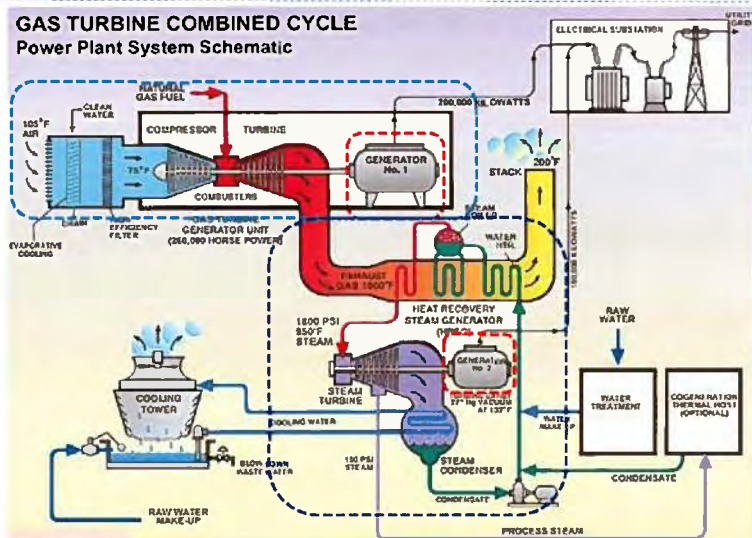


29/6/2013

JICA Ekipa AsistensiaTéniku

33

30. Diagrama Eskematiku Fabrika Siklu Kombinadu Turbina Gás



29/6/2013

JICA Ekipa AsistensiaTéniku

34

31. Estasaun Enerjia Diesel

- Estasaun enerjia diesel ida uza motór diesel hanesan sentral produsaun ba jersaun enerjia elétriku nian.
- Estasaun enerjia idane'e jeralmente kompaktu no nunue'e bele lokaliza iha ne'ebé nia aktualmente presiza.
- Tipu estasaun enerjia idane'e bele uza atu prodús enerjia elétriku ho kuantidade limitadu.
- Iha nasaun barakliu estasaun enerjia sira uza hanesan Estasaun Fornesementu Emerjensia.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

35

32. Vantajen hosi Estasaun Enerjia Diesel

- Dezeñu no formatu hosi fabrika simples tebes.
- Nia okupa fatin ki'ik tuir numeru no medida ausilirius ki'ikoan.
- Nia bele lokaliza iha fatin ruma.
- Nia bele estarta ho-lalais no bele foti karga iha tempu badak.
- La iha frakazu forneselementu.
- Nia presiza kuantidade hosi bee menus atu fó malirin.
- Kustu jerál menus-liu duké estasaun enerjia stim ho kapasidade hanesan.
- Termál efikásia fabrika nian ass-liu duké estasaun enerjia stim nian.
- Nia presiza pesoál operaun nian menus.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

36

33. Dezvantajen hosi Estasaun Enerjia Diesel

- Fabrika iha karga halai aas hanesan mina (n.e., gazoel) uza karun-liu.
- Fabrika la servisu ho-satisfatóriu liuhosi kodisaun alta-tensaun (overload) ba tempu naruk.
- Fabrika bele deit jera enerjia ki'ikoan.
- Kustu lubrikasaun jeralmente aas.
- Kustu manutensaun jeralmente aas.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

37

34. Prinsípiu Servisu hosi Estasaun Enerjia Diesel & Deskrisaun Jerál

- Kombustaun motór internu ne'ebé mak mina ignadu (ignited) liuhosi injeta nia ba anin nebe manas tiha ona iha temperatura aas ho kompresaun lais; tan ne'e, mesín diesel mós bolu mesín kompresaun-ignisaun.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

38

35. Saida mak Mesín Kompresaun-Ignisaun?

- Mesín kompresaun-ignisaun (koñese mós hanesan motór Diesel) mak kombustasaun motór internu nebe uza manas hosi kompresaun atu estarta ignisaun hodi sunu mina, ne'ebé injeta ba kámara kombustasaun durante faze ikus kompresaun nian. Idane'e la hanesan ho mesín spark-ignisaun ezemplu motór pretróleu (motór gasolina) ka motór gás (uza mina gaseous kontráriu ho gasolina), ne'ebe uza spark plug atu sunu mistura ár-mina (air-fuel) ida. Mesín diesel modela iha siklu Diesel. Mesín no siklu termodinámika rua-ne'e dezenvolve hosi Rudolph Diesel iha 1897.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

39

36. Dr. Rudolf Diesel



Jeradór produsaun: 50,000



29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

40

37. Klasifikasaun hosi Mesín IC (1)

Kombustaun Internu mesín (IC) klasifika iha meius oioin:

- Tuir siklu operasaun nian
 - Siklu motores strok rua
 - Siklu motores strok hat
- Tuir siklu kombustaun nian
 - Siklu Otto (volume kombustaun nafatin)
 - Siklu Diesel (presaun kombustaun nafatin)
 - Siklu Semi-Diesel (volume kombustaun partidaria nafatin no presaun partidaria nafatin)

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

41

37. Klasifikasaun hosi Mesín IC (2)

- Tuir kombinasau silindru
 - Motór orizontál
 - Motór vertikal
 - Tipu motór 'V'
 - Motór radial
- Tuir utilizaun
 - Motór estasionariu
 - Motór portavel
 - Motór marina
 - Motór automovel engine
 - Motór acro

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

42

37. Klasifikasaun hosi Mesín IC (3)

- Uza tuir mina no metodu forneseментu mina nian ba silindru motór
 - Oli motór
 - Mina motór
 - Gás motór
 - Kerozene motór
 - Karburadór, bolbu manas, injesaun mina, injesaun anin, nst.
- Tuir velocidade motór nian
 - Velosidade motór tún
 - Velosidade motór médiu
 - Velosidade motór aas

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

43

37. Klasifikasaun hosi Mesín IC (4)

- Tuir metodu ignisaun nian
 - Ignisaun spark motór
 - Ignisaun kompresaun motór
- Tuir metodu motór malirin nian
 - Motór air-cooled
 - Motór water-cooled
- Tuir metodu sentráal nian
 - Hit-no-miss governa motór
 - Kualidade governa motór
 - Kuantidade governa motór

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

44

37. Klasifikasaun hosi Mesín IC (5)

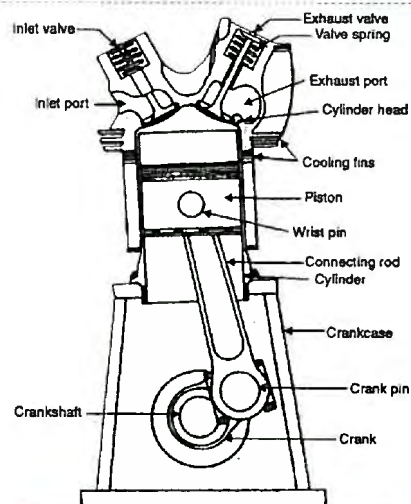
- Tuir aranjamentu válvula
 - Válvula motór overhead
 - Tipu motór L-head
 - Tipu motór T-head
 - Tipu motór F-head
- Tuir numeru silindru nian
 - Motór single-silindru
 - Motór multi-silindru

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

45

38. Partes hosi típiku mesín IC



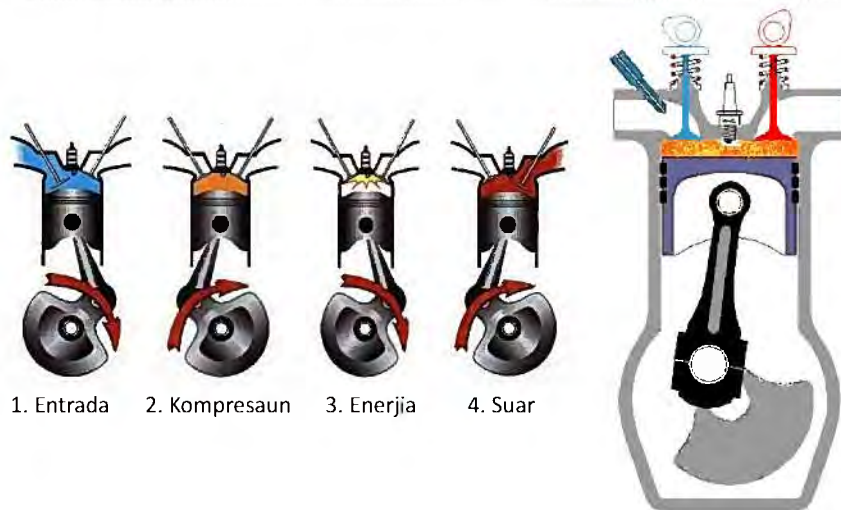
Air cooled single cylinder engine

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

46

39. Servisu hosi mesin IC stroke-4

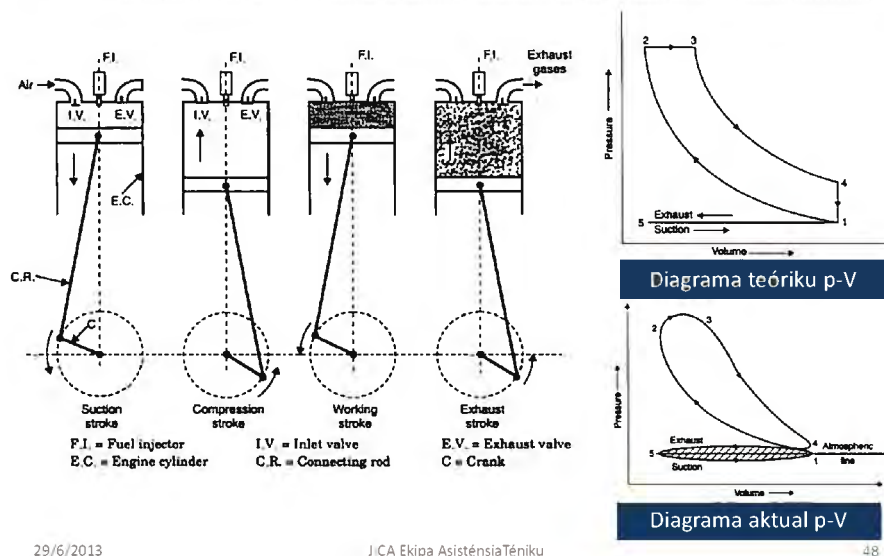


29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

47

40. Mesin Diesel siklus stroke-4

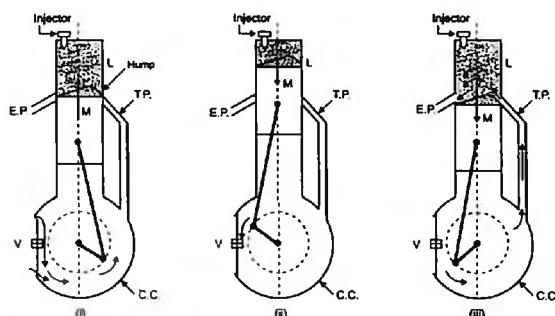


29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

48

41. Mesin Diesel siklus stroke-2 (1)



L = Cylinder ; M = Piston ; E.P. = Exhaust port ; T.P. = Transfer port ; C.C. = Crank chamber ; V = Valve

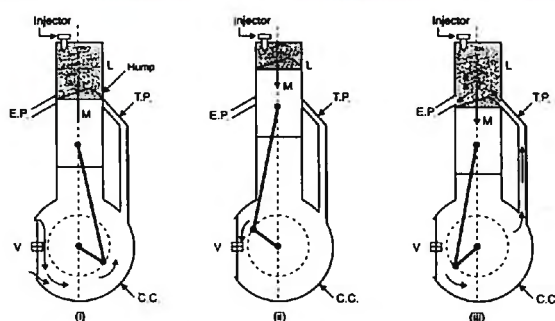
- Durante movimentu hosi pistaun aumenta, kompresa anin iha silindru (L). Iha tempu hanesan, anin fresku tama ba crank chamber liuhosi válvula (V).
- Iha rohan hosi stroke, mina nebe injeta iha kompresa anin no kombustaun komesa estarta enerjia stroke.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

49

41. Mesin Diesel siklus stroke-2 (2)



L = Cylinder ; M = Piston ; E.P. = Exhaust port ; T.P. = Transfer port ; C.C. = Crank chamber ; V = Valve

- Durante enerjia stroke, válvula (V) taka no anin iha crank chamber kompresa no transfere ba silindru liuhosi transfere port (TP)
- Iha tempu hanesan, exhaust port (EP) nakloke atu lori sai gás motuk

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

50

42. Karakterística hosi Mesín Diesel stroke-4

- Siklu kompleta iha strokes 4 piston, ka enerjia stroke ida iha revolusaun rua hosi crankshaft.
- Movimentu dulas la uniforma no tan ne'e presiza flywheel boot.
- Tanba enerjia stroke ida iha revolusaun rua, motór todan atu fó enerjia.
- Menus wear no tear no tan ne'e falta malirin no presiza lubrikasaun.
- Iha válvula no lori mekanizmu válvula.
- Efíkasia volumetrik aasliu tanba indikasaun tempu anin aasliu.
- Termál diakliu no parte karga efíkasia kompara ho motores stroke rua.
- Uza iha aplikasaun iha ne'ebé efíkasia importante, n.e., kareta, bis, traktor, aviaun, jeradór eneja sira nst.
- Kustu inisial aasliu.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

51

43. Karakterística hosi Mesín Diesel stroke-2

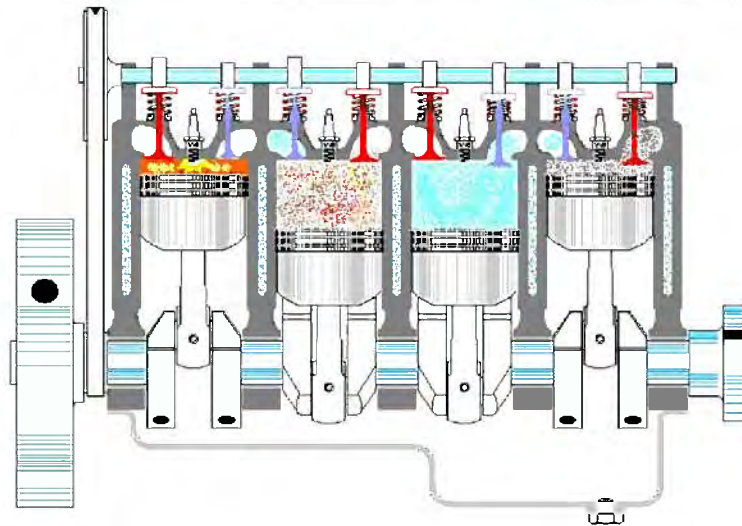
- Siklu kompleta iha stroke rua hosi piston, ka enerjia-stroke ida ba rotasaun hotu hosi crankshaft.
- Uniforma barak movimentu dulas no tan ne'e presiza flywheel kiikoan.
- Teórikamente enerjia dezentvole dala 2 (~ 1.8 iha pratika) ne'e hosi motór stroke-4. Tanba karga kamaan ba nivel enerjia nebe fornese.
- Wear no tear aasliu no tan ne'e malirin aasliu no presiza lubrikasaun.
- Falta hosi válvula no lori mekanizmu válvula halo motór simples no ladun karun.
- Menus efíkasia volumetrik tanba menus tempu disponivel ba indikasaun anin.
- Termál tún no parte karga efíkasia kompara ho motores stroke-4.
- Iha ne'ebé uza folin kiik, todan kiik no kompresaun.
- Motores stroke-2 uza iha medida boot tebes (~600 mm bore) ba propulsaun roo tanba todan kiik no kompresaun .

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

52

44. Servisu hosi mesin IC multi-silindru stroke-4

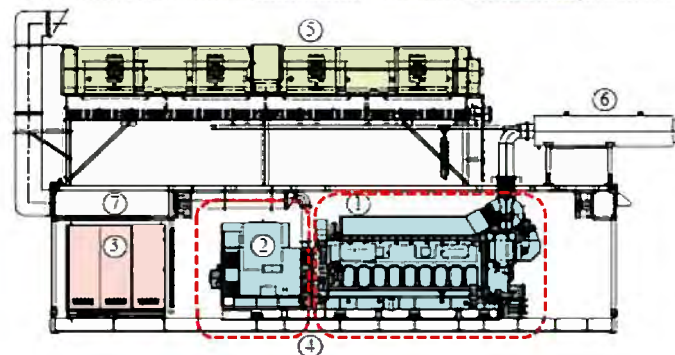


29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

53

45. Aranjamentu eskematiku ba Estasaun Enerjia Mesin Diesel



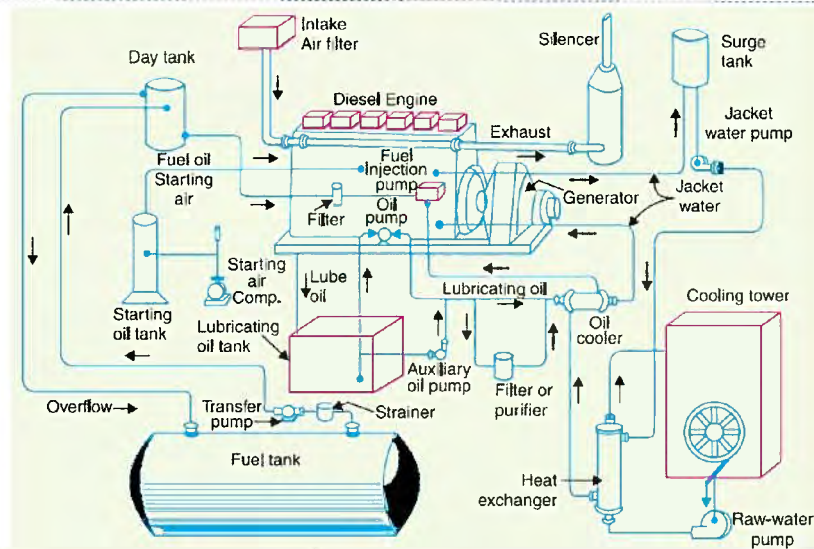
- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| (1) Engine | (2) Generator |
| (3) Control panel | (4) Enclosure |
| (5) Radiator | (6) Exhaust gas silencer |
| (7) Ventilation air exhaust fan | |

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

54

46. Aranjamentu eskematiku ba Estasaun Enerjia Mesín Diesel



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

55

47. Komponentes Prinsipál Estasaun Enerjia Diesel

Komponentes esensial hosi Estasaun Enerjia Diesel Mak:

- Motór
- Sistema anin entrada
- Sistema suar
- Sistema mina
- Sistema malirin
- Sistema lubrikasaun
- Sistema estarta mesín
- Sistema governa

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

56

48. Mesín

- **Mesín** mak komponente importante hosi fabrika ke dezenvolve enerjia nebe presiza. Jeradór elétriku baibain diriji hamutuk ho mesín.

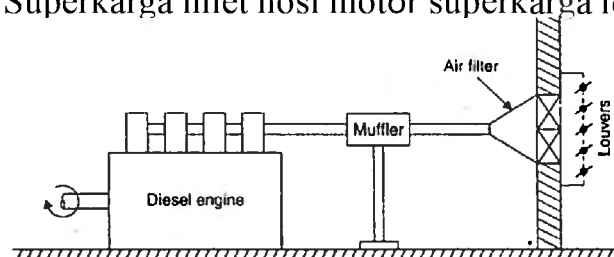
29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

57

49. Sistema Anin Entrada (1)

- **Sistema anin entrada** lori anin fresku liuhosi pipa ka kanál ba
 - (i) Anin entrada manifold hosi mesín stroke hat
 - (ii) Bomba scavenging inlet hosi mesín stroke rua
 - (iii) Superkarga inlet hosi motór superkarga ida



29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

58

49. Sistema Anin Entrada (2)

- Primeiru anin dada liuhosi fitru atu kaer rai-metan ka rahun nebe bele hamosu foer barakliu iha silindru sira. Tipu fitru sira hanesan tuirmai:
 - Tipu hamaran (paper, cloth, felt, glass wool etc.)
 - Tipu habokon (oil impingement type, oil bath type where oil helps to catch particles)

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

59

49. Sistema Anin Entrada (3)

- Protesaun tuirmai tenke uza bainhira utiliza sistema anin enstrada.
 - Anin entrada tenke lokaliza ses hosi sala mesín.
 - Anin entrada labele lokaliza iha fatin kiik atu evita vibraisaun akústiku ladezejavel.
 - Hamonu presaun iha liña anin entrada tenke mínimu atu evita estarvasaun motór.
 - Fitru anin tenke asesivel atu hamoos periódiku.
 - Iha kazu balun silensiozu bele apresenta atu prevene barullu motór hosi anin liur to'o.

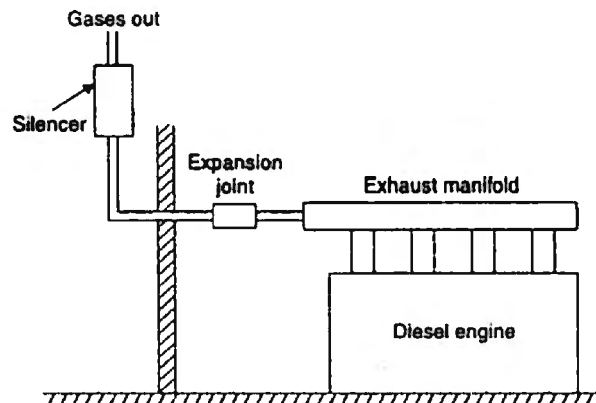
29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

60

50. Sistema Suar (1)

- **Sistema suar** deskarga mesin suar ba uma nia atmosfera liur.



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

61

50. Sistema Suar (2)

- Suar liga oin-barak motór silindru suar ba pipa suar.
- Silensiozu iha pipa suar redús presan iha liña no halakon tarutu barakliu nebe bele rezulta karik suar sai direktamente deskarga ba ambiente.
- Pipa suar nebe monta iha uma liur tenke naruk natoon ho numeru kurva mínimu atu prepara presan kiik nebe posivel lakon.
- Turbina fleksivel bele aumenta iha pipa suar atu kuidadu laaliñadu no espansaun/kontrasaun no mós atu izola sistema hosi vibrasaun motór.
- Mesin ida-idak tenke iha ninia sistema suar independenti.
- Posivel iha ne'ebe, rekupersaun tenke halo atu promote termál plant efikásia. N.e., anin manas, jersaun presan stim kiik iha fabrika enerjia diesel-stim nst.

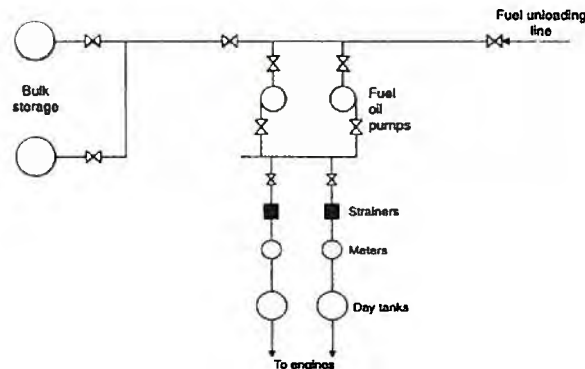
29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

62

51. Sistema Mina (1)

- **Sistema mina** hatama no distribui mina ba mesín tuir presiza. Eskematik báziku hosi sistema mina hatudu iha kraik



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

63

51. Sistema Mina (2)

- Ba operasaun satisfatóriu hosi sistema forneseментu mina, pontos tuirmai tenke konsidera:
 - Sistema tenke kapasita forneseментu moos no tuir sasukat kuantidade mina nian ba motores.
 - Pipa hotu hamutuk tenke koko presaun no aperta kuak.
 - Fitrus tenke fasil asesivel atu hamoos periódiku.
 - Ligasaun internu seguransa tenke disponivel atu kuidadu ba mina sulí sai, presaun demais no situaun mina tún.
 - Komponentes apoia adekuadu tenke disponivel atu kuidadu ba metodus sistema fallansu.

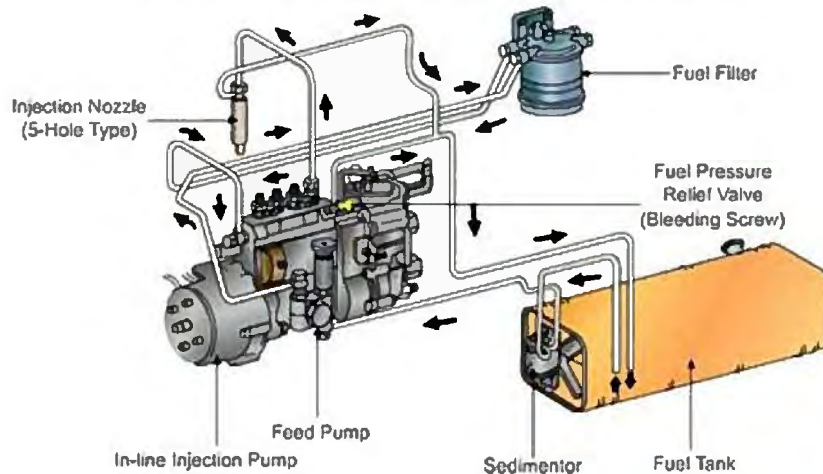
29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

64

51. Sistema Mina (3)

Fuel Supply System For 4 - Cylinder 4 Stroke Diesel Engine



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

65

52. Sistema injesaun mina (1)

- **Sistema injesaun mina** mak fuan hosi motór Diesel no apresentasaun hosi mesín nebe kontroladu ho efikásia hosi injesaun mina tama ba silindru.
- Problema kontadór, injesaun, atomizadór no mistura ho anin ba kombustaun sai todan ho velocidade motór aas. Maibe, mesin lori jeradór elétriku ho velocidade mesín kiik no sira iha kámara kombustaun simples.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

66

52. Sistema injesaun mina (2)

➤ **Funsaun hosi sistema injesaun mina**

- Fitru mina
- Metru ka sasukat kuantidade koretu hosi mina nebe atu injeta
- Tempu injesaun mina ba silindru
- Kontrola manas hosi injesaun mina
- Atomiza ka hafahe mina ba partikel kiik sira
- Distribui mina didi'ak iha kámara kombustaun

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

67

52. Sistema injesaun mina (3)

Tipus hosi sistema injesaun mina

- Tuirmai sistema injesaun mina baibain uza iha estasaun enerjia Diesel sira.
 - Sistema injesaun rail-baibain
 - Sistema injesaun bomba individual
 - Sistema injesaun distribuisaun
- Atomizasaun hosi mina bele realiza iha dalan rua:
 - Deskarga anin
 - Habelar presaun
- Motores diesel uza sedu injesaun anin-mina maizumenus 70 presaun bar. Maibe nia presiza kompresór ketak hodi fornese anin. Pratika agora atu uza presaun mina entre 100 no 200 bar atu atomiza mina tanba nia suli sai liuhosi pipa matan.

29/6/2013

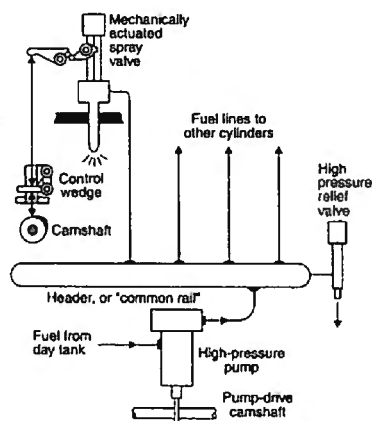
JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

68

52. Sistema injesaun mina (4)

Sistema Injesaun Rail Baibain (Tipu-1)

- Tipu ida hosi sistema injesaun rail baibain hatudu iha ne'e.
- Bomba ida deit fornese presaun aas (100 – 200 bar) mina ba kabesa
- Asisténsia valvula iha kabesa mantein presaun nafatin
- Kuantidade hosi mina nebe injeta no tempu injesaun nian ditadu hosi kalsu kontrolu nebe ajusta hosi hiit mekanikamente funsiona valvula.



29/6/2013

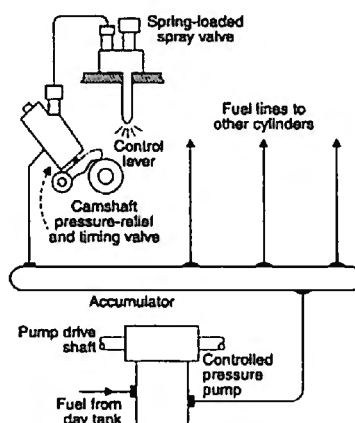
JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

69

52. Sistema injesaun mina (5)

Sistema Injesaun Rail Baibain (Type-2)

- Tipu segundu hosi sistema injesaun mina rail baibain hatudu iha ne'e.
- Bomba ida deit fornese presaun aas (100 – 200 bar) mina ba akumuladór
- Asisténsia presaun no tempu valvula regula tempu injesaun no montante
- Tula mola torneira valvula simplesmente servisu nu'udar xeke valvula



29/6/2013

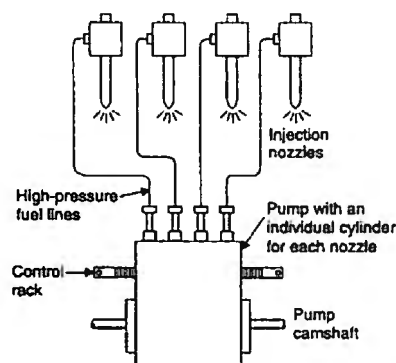
JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

70

52. Sistema injesaun mina (6)

Sistema injesaun bomba individu

- Eskematik hatudu iha ne'e.
- Bomba individu ka bomba silindru liga direktamente ba torneira mina ida-idak
- Kontadór no oras injesaun kontrola hosi bomba individu sira
- Torneira iha assisténsia valvula estarta hosi presaun mina



29/6/2013

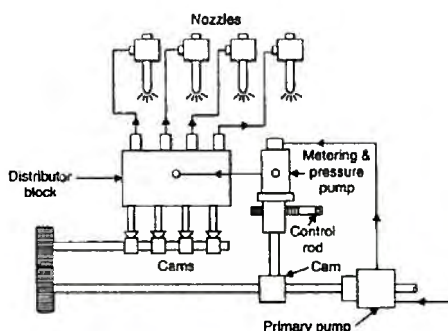
JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

71

52. Sistema injesaun mina (7)

Sistema Distribuidór

- Eskematik hatudu iha ne'e.
- Mina konta iha pontu sentral
- Bomba ida sukat, hanehan no hatudu injesaun mina
- Mina nebe distribui ba silindrus hasai ho didi'ak operadu hosi cam valvula poppet ne'ebé hatama mina ba torneira.



29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

72

53. Sistema Malirin (1)

Presiza mesín malirin ba razaun sira tuirmai:

- Temperatura gás kombustaun nian iha silindru laran bele to'o 2750° C. Karik laiha malirin eksternu, temperatura silindru nian natoon no piston bele aas 1000° to'o 1500° C ne'ebé bele halo nabeen sira.
- Lubrikasaun oli iha operasaun temperatura ida la'o hosi 160° to'o 200° C. Temperatura hirak-ne'e, oli sei sunu no sei hamosu depozisaun karbonu. Iha liafuan seluk, lubrikasaun sei la efetivu tan.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

73

53. Sistema Malirin (2)

- Haforsa materiais konstrusaun nian hasae ho hamenus iha temperatura no iha limitasaun temperatura ba material hotu liu tiha ne'ebé material sai fraku hotu ba intendementu aplikasaun.
- Suar manas valvula bele rezulta iha pre-ignisaun no detonasaun ka tarutu.
- Temperatura silindru ulun aas bele redús efikás volumetrik no ne'eduni enerjia produsaun.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

74

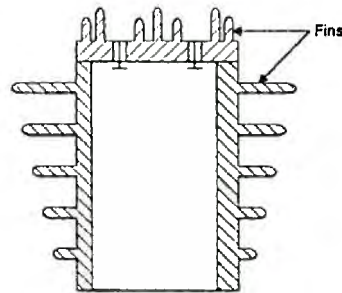
53. Sistema Malirin (3)

- Kuaze 25% to'o 35% hosi total manas nebe fornese iha mesín hasai ho malirin natoon. Aumenta 3% to'o 5% manas lakon hamosu liuhosi lubrikasaun óleu no radiasaun.

- Iha metodu malirin rua hosi mesín I.C. :

1. Uza anin
2. Uza líkidu

Uza anin: Iha metodu idane'e, manas soe sai liuhosi anin dalan no hale'u silindru. Aumenta fin sira iha silindru ke prepara aumenta **masa material nian ba kondusaun** hanesan mós área adisionál ba konviksaun no modelus radiotivu hosi manas transfere.



29/6/2013

J/CA Ekipa AsisténsiaTéniku

75

53. Sistema Malirin (4) Vantajen hosi uza anin

- Dezeñu motór simples hanesan la presiza kazaku malirin.
- Falta pipa malirin nian no radiadór halo sistema malirin simples.
- La perigu ba malirin suli sai nst.
- Mesín laos focus ba problemas asosiadu ho malirin taka metin durante tempu malirin hanesan bee fó-malirin motores.
- Enerjia nebe fornese, karga hosi mesín uza anin menus duké mesín uza líkidu.
- Iha motór rasik no fasilliu atu instala.

29/6/2013

J/CA Ekipa AsisténsiaTéniku

76

53. Sistema Malirin (5)

Dezvantajen hosi mesín malirin

- Movimentu halo barullu
- Malirin la uniforma
- Produsaun hosi mesín uza anin menus duké mesín uza líkidu
- Utilizasaun taxa kompresaun kiikliu
- Manutensaun laos fasil
- La utiliza ba mesín diesel

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

77

53. Sistema Malirin (6)

Uza líkidu: Iha metodu idane'e, silindru nia parede no kabesa taka ho jaket hodi nune'e malirin been bele sirkula.

- Manas nebe transfere hosi parede silindru ba líkidu liuhosi konviksaun no kondusaun.
- Líkidu iha manas durante ninia pasajen liuhosi kazaku malirin no nia rasik hetan malirin hosi meius ida hosi sistema radiadór uza anin. Manas nebe hosi líkidu nakdulas hodi transfere ba anin.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

78

53. Sistema Malirin (7)

Iha metodus balun hodi sirkula malirin been iha parade silindru no kabesa:

- Uza thermo-syphon
- Uza forsa ka bomba
- Uza reguladór thermostatic
- Uza presaun
- Uza evaporativu

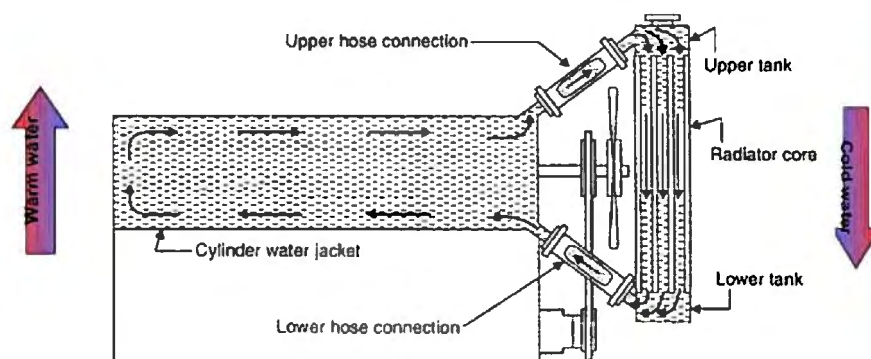
29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

79

53. Sistema Malirin (8)

Uza thermo-syphon: Iha metodu idane'e servisu tuir faktu nebe bee sai moosliu tanba temperatura aumenta.



29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

80

53. Sistema Malirin (9)

Uza thermo-syphon: Eskematiku hosi utilizasaun sistema thermo-syphon nebe hatudu iha slide kotuk.

- Iha radiadór tutun leten no kraik liga ba kazaku bee leten no kraik hosi mesin.
- Bee lori tún ba radiadór liuhosi anin nebe pasa atu halirin nia.
- Bee suli liuhosi radiadór tanba movimentu kareta ka hosi ventuiña.
- Sistema simples no servisu bazeia hosi konvetivu korente bee nian , bee-manas hasae to'o jaket motór bee portantu redusaun hosi masa no bee malirin suli tún iha radiadór tanba atu aumenta masa.
- Dezvantajen mak malirin depende deit ba diferensas temperatura no laos velocidade mesin.
- Sirkulasaun bee nian estarta deit hofoin mesin komesa atu servisu.

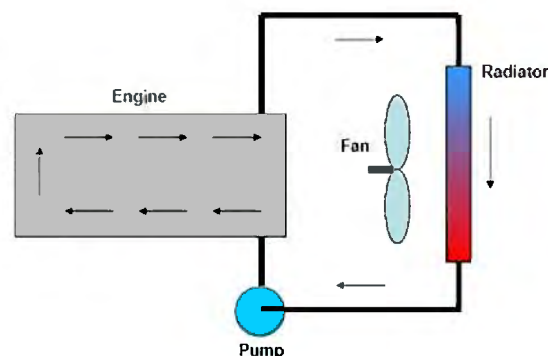
29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

81

53. Sistema Malirin (10)

Uza forsa ka bomba: Iha metodu idane'e, uza bomba ne'ebe atu hamosu sirkulasaun malirin nian iha jaket bee motór nian. Baibain bomba lori korente hosi motór.



29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

82

53. Sistema Malirin (11)

Uza forsa no bomba: Eskematiku hosi utilizaun sistema forsa ka bomba hanesan hatudu iha slide kotuk.

- Vantajen hosi sistema idane'e garantia malirin ba kondisaun hotu hosi operaun.
- Sistema iha dezvantajen sira tuirmai:
 - Temperatura hosi malirin independenti. Idane'e bele rezulta mesin malirin liu.
 - Bainhira muda sa'e foho, presiza malirin barak maibe sirkulasaun malirin bele redús tanba hatún velocidade mesin. Idane'e bele rezulta mesin manas liu.
 - Hapara malirin hafoin hapara mesin. Manas nebe iha mesin bele rezulta manas liu. Idane'e la presiza malirin tenke kontinua to'o motór iha temperatura normal.

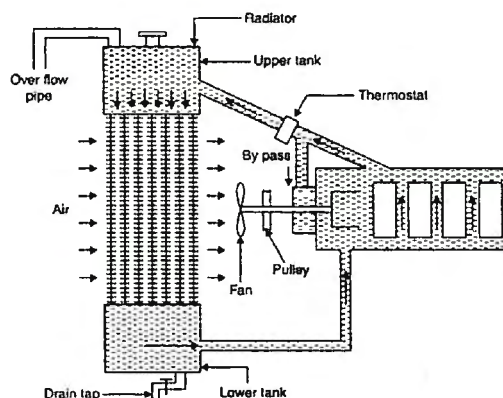
29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

83

53. Sistema Halirin (12)

Uza reguladór thermostatic: Thermostat halo kontralamentu aparelu temperatura nebe uza atu hapara malirin suli sai iha temperatura baril silindru okos.



29/6/2013

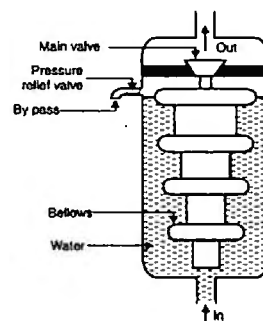
JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

84

53. Sistema Malirin (13)

Uza reguladór thermostatic:

- Sistema malirin modernu emprega valuvula thermostatic atu prevene malirin iha jaket motór hosi sirkulamentu liuhosi radiadór ba malirin to'o ninia temperatura nebe alkansa tiha ona valór natoon ba operasaun mesin efikás.
- Thermostat iha riti iha okos ense ho líkidu volatile hanesan alku ethyl ka ether.
- Líkidu volatile muda ba vapór tuir servisu temperatura nebe loos, sira kria presaun natoon atu haluan iha okos.
- Movimentu iha okos nakloke valvu boot iha proporsaan ba temperatura, sira aumenta ka hamenus malirin nebe suli sai hosi mesin ba radiadór.
- Bainhira valvula thermostat la loke, operasaun motór hasa'e presaun malirin. Idane'e loke liuhosi presaun asisténsia valvula atu mantein sirkulasaun malirin ho bloku motór.



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

85

53. Sistema Malirin (15)

Presuriza malirin: Sistema idane'e utiliza malirin ho presaun aas atu hasa'e ninia pontu nakali no nune'e aumenta manas transfere.

- Pontu nakali malirin nian bele hasa'e liuhosi aumenta ninia presaun. Idane'e autoriza manas transfere boot loos atu mosu iha radiadór no ambiente.
- Presaun malirin baibain mantein entre 1.5 no 2 bar.
- Sistema presuriza malirin presiza valvu adisionál bolu "vacuum valve" atu evita formasaun hosi vacuum bainhira temperatura tún hodi hamate mesin.
- Valvu seguru iha forma ajuda presaun valvu nebe fornese iha tanki radiadór matan para bainhira radiór matan nakloke, presaun imediatamente senti kamaan.

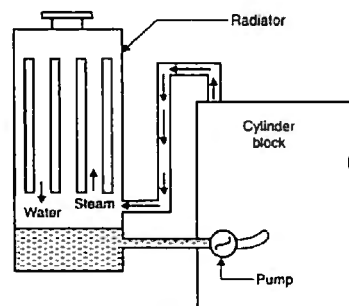
29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

86

53. Sistema Malirin (16)

Evaporativu malirin : Sistema idane'e, mós bolu stim ka vapór malirin, temperatura hosi bee malirin ulitiza to'o 100° C. Tipu hosi malirin idane'e utiliza *the high latent heat of vaporization* hosi bee atu arranja malirin ho bee minimu. Sistema idane'e, malirin sempre líkidu maibe stim formadu piska mate iha vessel ketak ida atu kondensa.



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

87

53. Sistema Malirin(17) Vantajen hosi uza líkidu

- Dezeñu kompak hosi motór ho área frontal minimal.
- Konsume kombustivel hosi kompresaun aas líkidu malirin mesín hatún duké ba motór anin malirin ida.
- Hanesan malirin silindru baríl no ulun tanba kazaku. Fasil atu redús temperatura hosi silindru ulun no hatuur valvu.
- Sistema malirin bele serve lokaliza iha ne'ebé de'it, enkuantu ba uza mesín anin, instalasaun nesesariu tebes iha oin ikusliu hosi viaturas movel.
- Efetivu tebes ba enerjia mesín alta tensaun kompara ho sistema ain malirin nebee presiza kuantidade boot anin nian atu rai-malirin.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

88

53. Sistema Malirin(18)

Dezvantajen hosi líkidu malirin

- Sistema dependente nebee presiza bee / malirin ba sirkulasaun iha kazaku.
- Enerjia absorve hosi bomba malirin boot natoon aas-liu duké ba malirin hosi ventuiña.
- Iha akontesementu lasusesu hosi sistema malirin, estraga sériu bele provoka ba mesín.
- Sistema kompleksu tanba jakét malirin, bomba, pipa, radiadór nst.
- Kustu sistema nian boot natoon aas kompara ho sistema sistema anin malirin
- Presiza manutensaun periódiku.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

89

54. Sistema Lubrikasaun (1)

Lubrikasaun mak entrada hosi oli ka tau mina entre superfísies iha movimentu relativu atu redús tensaun. Objetivu hosi lubrikasaun bele ida ka liu hanesan tuirmai:

- Atu redús tensaun no bee entre partes iha movimentu relativu.
- Atu fó-malirin superfísies liuhosi soe dook manas nebee prodús tanba tensaun.
- Atu taka kuak nebe halai sai, ezemplu kuak entre kadeli piston no liña silindru.
- Atu hamoos superfísies ho hasai karbonu no metál rahun tanba bosan ona.
- Atu absorve xoke entre bearings no partes seluk, tan ne'e hamenus barullu.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

90

54. Sistema Lubrikasaun(2)

Partes prinsipál hosi motór ida presiza lubrikasaun mak:

1. Prinsipál crankshaft bearings
2. Koneksaun rod boot no bearing
3. Koneksaun rod kiik no ka gudgeon pin bearing
4. Kadeli piston no parede silindru
5. Oras halai
6. Mekanizmu válvula
7. Matadalan válvula, ponteiru válvula, no rocker arms

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

91

54. Sistema Lubrikasaun(3)

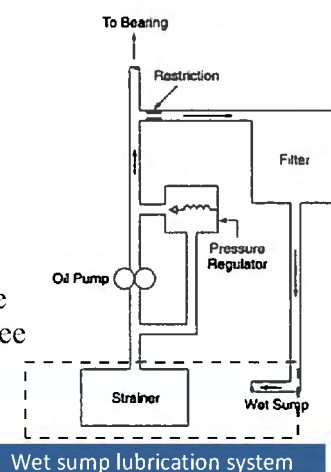
Klasifikasaun hosi sistema lubrikasaun

Sistema lubrikasaun uza ba mesín I.C. bele klasifika hanesan tuirmai:

1. Sistema lubrikasaun sump bokon
2. Sistema lubrikasaun sump maran
3. Sistema lubrikasaun abuabu

Sistema lubrikasaun sump bokon:

Sistema idane'e uza ba oli sump kapasidade boot iha baze crank chamber nian, hosi nebee oli dada hosi bomba oli ho presaun kiik no lori ba partes oioin. Depois oli fila fali ba sump hafoin uza alokasaun.



29/6/2013

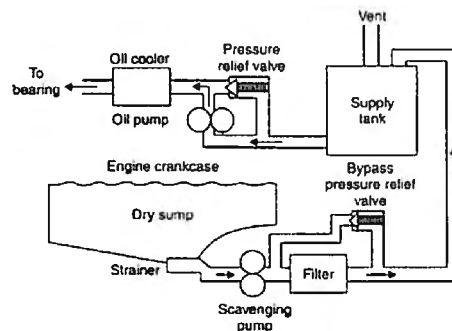
JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

92

54. Sistema Lubrikasaun(4) Klasifikasaun hosi sistema lubrikasaun

Sistema lubrikasaun bomba maran:

Oli hosi sump lori ba tanki estorajen blok silindru liur. Oli hosi sump bomba ba tanki estorajen hosi bomba scavenging ida. Oli hosi tanki estorajen bomba ba silindru mesin liuhosi bomba seluk no oli malirin. Presaun oli muda hosi 3 to'o 8 bar. Tipu lubrikasaun idane'e jeralmente adopta **ba motór sira kapasidade aas.**



29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

93

54. Sistema Lubrikasaun(5) Klasifikasun hosi sistema lubrikasaun

Sistema lubrikasaun abuabu:

- Sistem idane'e uza ba mesin stroke-2.
- Mesin hirak-ne'e barakliu mak formese motór n.e., sira emprega bak kompresan mesin no portantu, la dun serve ba lubrikasaun bak motór .
- Mortores hira-ne'e lubrikadu ho aumenta oli lubrikasaun 2 to'o 3% iha tanki mina.
- Oli no mina kahur lori liuhosi karburadór.
- Gazolina vaporiza no oli iha forma abuabu, bá liuhosi bak motór tama silindru.
- Oli, ne'ebe kona iha didin bak motór, lubrika prinsipál no koneksaun rod bearings, no oli restun ne'ebe pasa iha silindru durante karega no periodu scavenging, lubrika piston, kadeli piston, no silindru.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

94

54. Sistema Lubrikasaun(6)

Sistemas Lubrikasaun Abuabu

Vantajen sira:

- Sistema simples
- Kustu tén tanba falta hosi bomba, fitru sira, nst.

Dezvantajen sira:

- Parte hosi lubrikasaun oli sempre ahi-han iha kámara kombustaun. Idane'e rezulta ahi-suar, depózi karbonu iha koroa piston, risku kadeli no suar fatin, efikasía motór menus.
- Bainhira oli sac ho vapór asidu prudús durante kombustaun, nia lakon ninia propriedade anti korrozaun no bele manda ba korrozaun hosi bearings.
- Ba lubrikasaun efektivu, oli no mina tenke kahur didi'ak, idane'e presiza kahur ketak molok atu uza ka aditivu espesial atu fó karakterístikas kahur ho di'ak.
- Anauserke iha kontrolu diak iha oli lubrikasaun, motores stroke- 2 bele halai "over oiled".

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

95

55. Sistema Estarta Mesín (1)

- Mesín diesel uza iha estasaun enerjia diesel laos estarta rasik. Mesín diesel hamoris tuir metodu ida tuirmai,
 - Iha metodus jerál tolu hodi estarta mesín I.C.:
 1. Estarta ho motór auxiliariu
 2. Uza motores elétriku ka estarta rasik
 3. Sistema kompresa anin

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

96

55. Sistema Estarta Mesín (2)

Estarta ho mesín ausiliár ida (normalmente lori mina):

- Mesín ausiliár ida monta didi'ak ba mesín sentral no liga liuhosi embreajen no mudansa.
- Primeiru, embreajen dezemprega no mesín ausiliár nebe estarta (ho liman ka liuhosi estarta rasik).
- Hafoin mesín ausiliár komesa manas, mudansa lori emprega liuhosi embreajen no motór sentral exéntriku atu estarta.
- Embreajen halai hotu uza atu evita estraga ba ausiliár motór hafoin motór sentral estarta.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

97

55. Sistema Estarta Mesín (3)

Uza mesín elétriku nian ka estarta rasik:

- Uza ba Diesel kiik ka Mina motores
- Bateria estorajen hosi 12V to'o 36V uza atu lori mesín elétriku ida.
- Mesín elétriku hodi muda flywheel ho provizaun ba dezempregamentu automatiku hafoin mesín estarta ona.
- Mesín dada korenti todan no dezigna atu servisu beibeik ba periodu tempu badak (tipikamente 30 detik).
- Bainhira mesín lao normalmente, jeradór d.c. kiik ida iha mesín servi atu karega bateria.

29/6/2013

JICA Ekipa AsisténsiaTéniku

98

55. Sistema Estarta Mesín (4)

Uza sistema kompresa anin nian:

- Sistema kompresa anin maioria uza ba estarta mesín diesel boot uza ba fábricas enerjia paradu.
- Kompresa anin fornese kuaze 17 bar presaun iha tanki anin keta.
- Kompresa anin idane'e inisiálmente fornese ba silindrus mesín ida-rua, halo sira servisu fó fali anin mesín atu halao eixu motór.
- Mina hatama ba silindru ne'ebe iha no ignisaun hatu'ur iha fatin di'ak hodi kria motór atu estarta.
- Tanki anin karega ho separadu ka lori kompresór motór.
- Sistema inklui estorjen tanki anin, seguransa valvula no pipa interkoneksaun sira.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

99

55. Sistema Estarta Mesín (5)

Metodu estarta no hapara hosi mesín

Estarta mesín nian:

- Kazu hosi estarta mesín elétriku ida, cek kondisaun bateria nian. Karik uza kompresa anin, cek sistema anin ba kuak ruma posível.
- Cek sistema mina motór, sistema lubrikasaun no sistema malirin ba sira-nia funsaun própriu sira.
- Crank mesín hafoin garantia katak karga hotu pit off no dekompresaun (karik disponível) uza hela aparelu.
- Bainhira estarta mesín, velocidade tún ba minutus ida-rua no observa servisu mina nian, lubrikasaun no sistema malirin.
- Hasa'e vilosidade neineik-neineik to'o nia sinkroniza ho estasaun bus bar.
- Liga jeradór ba bus bar bainhira nia iha sinkronizasaun no aumenta velocidade motór to'o nia komesa atu fahe karga deseju.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

100

55. Sistema Estarta Mesín (6)

Metodu estarta no hapara hosi mesín

Hapara hosi mesín:

- Redús velocidade mesín neineik-neineik.
- Dezliga unidade hosi bus no husik mesín atu traballa ba minutus balun no hapara nia tuir instrusaun manufatura nian.

Sistema governa:

- Funsau hosi sistema governa atu mantein velocidade hosi hmesín baibain la konsidera karga iha fabrika.
Idane'e jeralmente halo hotu ho hamenus neineik-neineik mina prepara ba mesín.

29/6/2013

JICA Ekpa AsisténsiaTéniku

101

AsisténsiaTékniku Japonés
 kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
 Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál nian (ADN)
 iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus

No.	Konteúdu
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Liña Tranzmisaun (Sistema Tranzmisaun)
5	Liña Distribuisaun (Sistema Distribuisaun)
6	Renovasaun Enerjia (Enerjia Photovoltaic)
7	Sistema Protesaun
8	Sistema Operasaun Enerjia no Kontrolu
9	Selukseluk

Konteúdu bele muda depende ba kondisaun.
 Ha'u hakarak diskute kona-ba konteúdu ho Sr. Miguel no ITA.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

2

V. SUBESTASAUN

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

3

1. Introdusaun(1)

- Subestasaun simu enerjia elétriku hosi estasaun enerjia liuhosi liña tranzmisaun no lori enerjia sai liuhosi liña tranzmisaun.
- Subestasaun sira mak partes integradu sistema enerjia nian no forma ligasaun importante entre estasaun enerjia sira, sistema tranzmisaun sira, sistema distribuisaun sira no pontu karga sira.
- Subestasaun oioin lokaliza iha estasaun enerjia sira, tranzmisaun no sistema distribuisaun sira iha dezeńu hanesan no komponente elétriku sira hanesan.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

4

1. Introdusaun(2)

- Subestasaun bazikamente iha numeru sirkuitu ligasaun nebe tama no numeru sirkuitu ligasaun nebe hasai liga ba busbar sira.
- Busbars lori bar sira ba numeru sirkuitu ligasaun nian ne'ebé liga.
- Kada sirkuitu iha numeru komponente elétriku sira nian balun hanesan breaker sirkuitu sira, isolator, earth switches, transformadores korenti, voltage transformadores voltajen, nst.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

5

2. Funsan hosi Subestasaun sira

Funsan hosi Subestasaun Enerjia Elétriku sira maka:

- Fornese enerjia elétriku ba konsimidores kontinualmente
- Fornese enerjia elétriku iha limitasaun voltajen espesifika no limitasaun frekuensia
- Badakliu durasaun bele fallansu
- Optimal efikásia hosi fabrika no redi
- Fornese enerjia elétriku nian ba konsumidores ho folin kiik

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

6

3. Tipu hosi Subestasaun sira

- Bazeia ba Servisu Natureza nian -

➤ Step up ka primáriu subestasaun:

- Primáriu subestasaun sira asosidadu ho fabrika enerjia sira iha ne'ebé voltajen sae hosi voltajen kiik (15kV) ba 150kV hodi tranzmite enerjia para motante boboot enerjia nian bele tranzmite ba distansia dook hosi karga sentral.

➤ Primáriu Grid Subestasaun:

- Hanesan subestasaun sira nebe lokaliza iha karga sentral serve ho liña tranzmisaun primáriu. Iha Subestasaun Enerjia Grid sira prinsipal tranzmisaun voltajen (150kV) tün (ba tranzmisaun voltajen segundu. Liña tranzmisaun segundu nebe lori ba Subestasaun Enerjia Sekundáriu situada iha karga sentral iha ne'ebé voltajen tün hela) ba Sub tranzmisaun Voltajen ka Primáriu Distribuisaun Voltajen (20kV).

➤ Step Down ka Distribuisaun Subestasaun:

- Hanesan subestasaun sira nebe lokaliza iha karga sentral. Iha ne'e Sub tranzmisaun Voltajen hosi Distribuisaun Voltajen (20kV) tün ba Distribuisaun Voltajen Sekundáriu (380V ka 220V). Hosi Subestasaun sira-ne'e enerjia sei fô ba konsumidores ba sira-nia terminal sira.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

7

4. Tipu hosi Subestasaun sira

- Baze hosi Fornesementu Servisu -

➤ Subestasaun Transformadór:

- Transformadores nebe instala iha subestasaun sira atu transforma enerjia hosi nivel voltajen ida ba nivel voltajen seluk.

➤ Subestasaun Switching:

- Subestasaun switching sira signifika ba operasaun switching hosi liñas enerjia sein transforma voltajen sira. Iha subestasaun hirak-ne'e diferente koneksaun nebe halo entre liñas transformasaun. Diferente Eskema Switching nebe emprega depende iha aplikasaun atu tranzmite enerjia ho maneira nebe diakliu iha redi ida.

➤ Subestasaun Converting:

- Hanesan subestasaun sira nebe lokaliza iha ne'ebe presiza konversaun AC ba DC. Iha tranzmisaun HVDC Subestasaun Converting nebe emprega iha partes rua hosi HVDC liga ba converting AC ba DC no converting fila fali hosi DC ba AC. Subestasaun Enerjia Converting sira mós emprega iha ne'ebe frekuensia bele konverta hosi aas ba kraik no kraik ba aas. Tipu hosi frekuensia idane'e presiza iha ligasaun ba Sistema Grid sira.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

8

5 Tipu hosi Subestasaun sira - Bazeia ba Operasaun Voltajen -

- Subestasaun Voltajen Aas:
 - Tipu hosi subestasaun idane'e asosiadu ho operasaun voltajen sira entre 11kV no 66kV.
- Subestasaun Esktra Voltajen Aas:
 - Tipu hosi subestasaun idane'e asosiadu iha ne'ebé operasaun voltajen entre 132kV no 400kV.
- Subestasaun Ultra Voltajen Aas:
 - Subestasaun sira iha ne'ebé Operasaun Voltajen sira iha 400kV bolu Subestasaun Ultra Voltajen Aas.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

6. Tipu hosi Subestasaun sira - Bazeia ba Dezeñu Subestasaun -

- Subestasaun Outdoor sira:
 - Iha Subestasaun Outdoor sira, ekipamentu elétriku oioin nebe instala iha switchyard iha sky okos. Ekipamentu elétriku nebe monta iha apoiu estruturas atu hetan autorizasaun liga ba rai suficiente.
- Subestasaun Indoor sira:
 - Iha Subestasaun Indoor sira, aparatus nebe instala iha edifisiu subestasaun. Hanesan subestasaun sira baibain hodi evalua 66kV. Subestasaun Indoor sira prefere iha área poluidu maka'as no Subestasaun sira situada besik tasi sira (ambiente meer hamosu Izoladór Falla ruzulta iha Flashovers).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

7. Tipu hosi Subestasaun sira - Bazeia ba Dezeñu Konfigurasaun(1) -

➤ Subestasaun Air Insulated:

- Iha Air Insulated Substations, busbar sira no konektor sira iha vizivel. Iha tipu idane'e hosi subestasaun sira, Breaker Sirkuitu sira no Isolator sira, Transformadór sira, Transformadór Korenti sira, Transformadór Potensial sira, nst. Nebe instala iha postu Isulator sira ka Strain Isulator sira. Subestasaun sira iha Estrutura Besi-asu sira hodi apoiu ekipamentu, isulator sira, no hatama no hasai liñas. Autorizasaun mak kriteriu prinsipál ba subestasaun hirak-ne'e no okupa área boot ba instalasaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

7. Tipu hosi Subestasaun sira - Bazeia ba Dezeñu Konfigurasaun(2) -

➤ Gas Insulated Substation:

- Iha Gas Insulated Substation, Subestasaun Ekipamentu Oioin hanesan Breaker Sirkuitu sira, Transformadór Korenti sira, Transformadór Voltajen sira, Busbar sira, Earth Switch sira, Surge Arrester sira, Isolator sira, nst. Hosi besi hamutuk ho componentes gás SF6. Componentes nebe monta tuir Konfigurasaun presiza. Eziste partes oioin hamutuk iha componentes besi kontein gás SF6 ho presaun aas. Nune'e medida hosi subestasaun redús ba 8% to'o 10% hosi Air Insulated Substation.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

7. Tipu hosi Subestasaun sira - Bazeia ba Dezeñu Konfigurasaun (3) -

- Subestasaun Hybrid:
 - Subestasaun Hybrid sira kombinasan hosi rua ne'e hotu Subestasaun Konvensional no Gas Insulated Substation. Bays balun iha Subestasaun ida maka Tipu Gás Insulated no Tipu Air Insulated. Dezeñu bazeia ba konveniênsia, Kondisaun Lokal sira disponivel, área disponivel no Kustu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asistênsia Tékniku

13

EKIPAMENTU PRINSIPÁL

18/6/2013

JICA Ekpa Asistênsia Tékniku

14

8. Busbars

Sirkuitus oiain tama no sai nebe liga ba busbar sira. Busbar sira simu enerjia hosi sirkuitus tama no lori enerjia ba sirkuitus sai.



18/6/2013

JICA Ekipo Asisténsia Téknika

15

9. Transformadores Enerjia

Transfromadores enerjia nebe uza ba voltajen sira a.c. step-up ka step-down no atu transfere enerjia elétriku hosi nivel voltajen ida ba ida seluk. Mudansa tap sira uza ba kontrolu voltajen.



18/6/2013

JICA Ekipo Asisténsia Téknika

16

10. Breaker Sirkuitu (1)

Breaker Sirkuitu uza ba Switching durante kondisaun operasaun normal no lanormal sira. Nia uza atu teri netik korenti sirkuitu sira. Operasaun Breaker Sirkuitu inklui.

1. Taka
2. Loke
3. Auto – reclosing

Breaker Sirkuitu lokaliza besik pontu switching ida-idak no mós lokaliza iha rohan sira rua ne'e hotu hosi zona protesaun ida-idak.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

17

10. Breaker Sirkuitu(2)

Breakers baibain klasifika hanesan “dead tank” ka “live tank” konstrusaun.

“Dead tank” signifika katak tanki breaker sirkuitu no asesórius hotu mantein iha rai potenciál, no rekursu eksternu no koneksaun karga halo liuhosi bushing konvensional sira.



“Dead Tank” Breaker

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

18

10. Breaker Sirkuitu(3)

“Live tank” signifika katak uma metal no porselin iha mekanizmu teri netik nebe monta iha koluna izolamentu porselin ida no ne’eduni iha liña potenciál.



“Live Tank” Breaker

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

19

10. Breaker Sirkuitu(4)

Depois klasifikasaun hanesan konstrusaun “live tank” ka “dead tank”, breaker sirkuitu sira mós klasifika iha termus hosi media interrompe. Breaker sira mós klasifika hanesan three-pole, single-throw, no pole operaun independenti.

Three-pole single-throw breakers utiliza mesin mekániku ida atu viajen three poles hotu ho ligasaun atu hala’o operaun hamutuk.



Three-Pole Single-Throw Breakers

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

20

10. Breaker Sirkuitu(5)

Ho operasaun
pole-independenti,
kada pole
perapara ho
mekániku
signifika atu
hamonu ninia
pole ida de'it.



SF6 Gas Circuit Breakers

18/6/2013

JICA Ek'ipa Asisténsia Tékniku

21

10. Breaker Sirkuitu(6)

Laiha orientasaun jerál atu bele dezeña ba aplikasaun hosi tipus oioin hirak-ne'e hosi breaker sirkuitu sira. Kada utilizadór tenke determina valóres hosi breaker sirkuitu sira nebe presiza no depois hili tipu ida hosi breaker sirkuitu aseitavel ho valór, representasaun espetativas, kompatibilidade ho planeiadu ka konfigurasau subestasaun ne'ebé iha, no abilidade atu instala, opera, no mantein breaker sirkuitu. Kustu bele mós sai konsiderasaun importante iha selesaun finál. Barak, maibe laos hotu, breaker sirkuitu doméstiku sira iha subestasaun sira li'ur hosi 2.4 kV to'o 24.9 kV utiliza teknolojia vacuum hanesan izolante dielétriku atu teri netik karga ka korenti sira monu. Mezmu vacuum li'ur breaker sira bele fornese ba voltajen sira to'o 38 kV, SF6 mak moioriamente barak uza ba voltajen sira hosi 34.5 kV to 765 kV.



1. High Voltage Contact
2. Buffer
3. Spring
4. Low Voltage Contact
5. Adjustment

Type SDV Vacuum Circuit Breaker

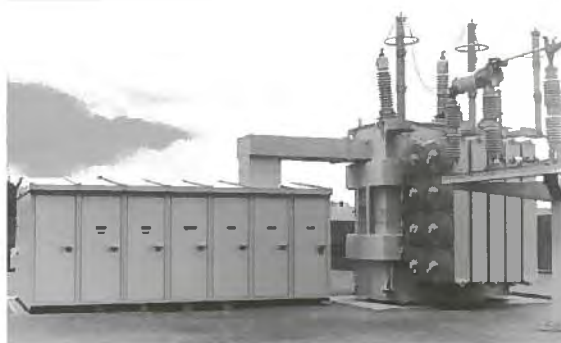
18/6/2013

JICA Ek'ipa Asisténsia Tékniku

22

11. Metal-clad switchgear

Metal-clad switchgear serbí sistema funsaun hanesan elementus komparavel iha subestasaun bus-type konvensional aberta. Elementus sira-ne'e bele inklui aparelus enerjia switching ka interrupting sentral, switches dezligasaun, buses, instrumentu no kontrolu transformadores enerjia no kontrolu, aparrelus ausiliariu, hanesan mós aparelus seluk.



Typical Single-Aisle Switchgear Installation
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

18/6/2013

23

12. Reguladores voltajen(1)

Three-phase no single-phase reguladores voltajen rua ne'e hotu mak uza iha subestasaun distribuisaun sira atu regula parte karga voltajen. Subestasaun reguladores maka meius importante ida, besik ho enerjia load-tap-changing. Transformadores, shunt capacitor sira, no reguladores liña distribuisaun, hodi mantein nivel própriu hosi voltajen iha kliente nia odamatan servisu.

Iha tipus jerál rua hosi reguladores voltajen, orientasaun reguladór no reguladór step-type. Tipus rua ne'e hotu disponivel iha dezeńus single- ka three-phase. Reguladór step-type iha distansia aplikasaun luan iha sistema distribuisaun elétriku. Reguladór step-voltage kuaze troka tiha ona reguladór induction-voltage tanba idane'e kustu tún no asisténsia hanesan.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

24

12. Reguladores voltajen(2)

Medidas ba susestasaun uza dala barakliu hosi sistemas elétriku rurál, reguladores single-phase mak baibain karun oitoan. Sira mós halo servisu diak ida hodi mantein balansu voltajen phase sira liuhosi kodisaun sira hosi karga labalansu. Reguladór single-phase sira mós adaptavel liu ba utilizasaun liña tanba hosi relativu. Boletín pole nian fasil hasa'e. Regulamentu hosi reguladór single phase mós fô reliabilidade másimu ba sistema tanba reguladór ida bele muda ba manutensaun ka reparasaun sein presiza de-energize transformadores ka reguladores seluk. Switch espesiál disponivel atu permite hasai reguladór ida hosi servisu sein interrompe sirkuitu.



Single-Phase Voltage Regulator

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

25

12. Reguladores voltajen(3)

Iha subestasaun distribuisaun boot sira, opsaun hosi reguladores three-phase bele bazeia ba gastus ka disponibilidade hosi reguladores single-phase hosi medida presiza. Reguladores three-phase presiza fatin kiik oitoan duké reguladores three single-phase.



Three-Phase Voltage Regulator

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

26

13. Shunt Reactors

Shunt Reactor sira uza ba liña tranzmisaun EHV naruk sira atu kontrola voltajen durante períodu karga kiik. Shunt reactor sira mós uza atu kompensa kapasidade shunt hoí liña tranzmisaun durante períodu karga kiik. Baibain shunt reactor sira lataka..



18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

27

14. Kapasidade Shunt

Kapasitór shunt sira uza ba kompensamentu enerjia reativu izolamentu fatór enerjia. Kapasitór shunt sira uza hodi promove fatór enerjia. Idane'e mós uza ba kontrolu voltajen durante izolamentu sériu fatór kargas enerjia. Kapasitór shunt sira loke durante iha kargas sériu no taka mate durante kargas tún.



18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

28

15. Kapasitór Série

Kapasitór sériesira uza ba EHV naruk balu liñas a.c atu promove transfere abilidade enerjia. Kapasitór sira lokaliza iha sending end / receiving end hosi liñas. Kapasitór sériesira prepara ho bypass sirkuitu breaker no protetivu spark – gap sira.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

29

16. Reatóres Série

Reatóres série uza atu limita korenti sirkuitu-badak no atu limita korenti sai boot asosiadu ho kargas namlele. Reatóres série lokaliza iha fatin sira estratéjia hanesan ne'e nivel sira monu redús.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

30

17. SWITCHES ANIN

Funsaun jerál hosi switch anin hanesan monta iha ANSI/IEEE Std. C37.100: “Aparellu switching dezeña atu taka no loke sirkuitus elétriku ida ka rua ho meius nebe diriji bele haketak ligasaun nebe separadu iha anin.” Anin, iha presaan atmosfera, mós iha izolamentu natoon entre ligasaun sira ne’ebe iha pozisaun nakloke.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

31

19. Isolators ka Switches Dezligasaun

Isolators prepara ba izolamentu hosi live parts tuir objetivu manutensaun nian. Isolators lokaliza iha sori balun hosi breaker sirkuitu. Isolators nebe opera laiha karga. Isolator laiha nilai ruma hodi harahun korenti ka halo korenti. Isolators ka’it malu ho breaker sirkuitu sira.

Tipus hosi isolators mak

1. Central rotating, horizontal swing
2. Centre-Break
3. Vertical swing
4. Pantograph type



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

32

20. Earth Switch

Earth switch uza atu dezkharga voltajen iha sirkuitu ba earth hodi fô-seguransa. Earth switch monta iha frame isolators nian. Earth switch lokaliza ba kada liña tranzmisaun nebe tama no kada sorin hosi seksaun busbar.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

33

21. Grounding Switch

“Aparellu switching mekániku ida hosi meius ida ne’ebe sirkuitu ka kada aparellu bele liga elétriku ba rai.” Grounding switches dala barak monta iha jaw ka hinge tutun hosi dezligasaun ka horn-gap switches.

Típiku Aplikasaun sira :

- a. Ba sirkuitu ka bus rai sira (asegura manutensaun) hafoin izola uluk sira.
- b. Sirkuitu ba rai ho-intensaun (utiliza aparellu automatiku velocidade-aas ida) atu ativu remote eskema relaying protetivu ida



Horizontally Mounted Double Break Switch with Grounding Switch

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

34

22. Horn-Gap Switch

Switch ida fornese ho arcing horns.

Típiku Aplikasaun :

Ba de-energize ka energize sirkuitu ida nebe iha limitasaun montante hosi magnetik ka kapasidade enerjia, hanesan transformadór korenti ka liña korenti. Arcing horns proteje ligasaun prinsipál durante loke ka taka no promove abilidade switch nian atu hala'o ninia servisu.



Horizontally Mounted Double-Break Switch.

Note arcing horns and corona shields at blade contact points
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

18/6/2013

35

23. Interrupter Switch

“Air switch ida, prepara ho interrupter ida, atu halo ka harahun korenti espesifiku, ka rua ne'e hotu.” “Natureza hosi korenti nebe halo ka harahun, ka rua ne'e hotu, bele indika ho prefiksu natoon, katak, load interrupter switch, fault interrupter switch, capacitor current interrupter switch, nst.”

Típiku aplikasaun mak indika iha naran prefiksu sira iha leten.



Horizontally Mounted Vertical-Break Interrupter

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

36

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(1)

Outdoor air switches konstrui iha modelus ka konstrusaun diferente barak.

Vertical Break Switch

“Ida ne’ebe iha travel hosi blade iha plane vertikal ida ba plane hosi mounting base. Blade iha pozisaun nebe besik paralelu ho mounting base.” Dobralisa rohan iha isolator rua, ida ne’ebe hamosu rotasaun liuhosi mekanizmu operasaun no nune’e blade bele loke no taka.



Vertically Mounted Vertical-Break Switch

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

37

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(2)

Double Break Switch

“Ida nebe la taka konduitor sirkuitu iha pontus rua.” Karga isolator sentru troka atu kompleta operasaun abertura no enseramentu.



Horizontally Mounted Double-Break Switch

18/6/2013

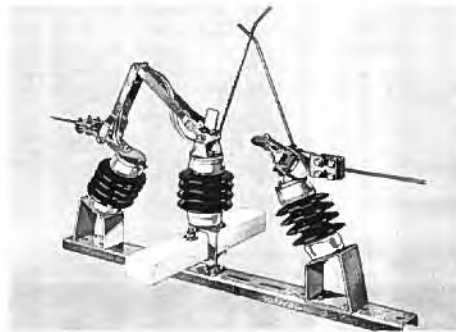
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

38

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(3)

Tilting-Insulator Switch

“Ida ne’ebe loke no taka travel hosi blade nebe talentozu liuhosi movimentu tilting hosi ida ka liu hosi apoia isolator nebe bele hala’o partes switch nian.” Tipu hosi switch idane’e ohin loron dala ruma deit mak uza. Maibe, switch idane’e sei serbí iha instalasaun ne’ebe iha. Ida ne’e inklui iha ne’e bainhira presiza atu modifika ka troka hanesan switch sira nebe iha biban.



Tilting Insulator Switch

18/6/2013

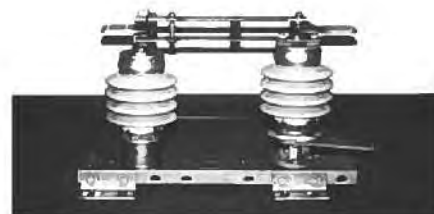
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

39

24. Konstrusaun Oioin hosi of Outdoor Air Switches(4)

Side-Break Switch

“Ida ne’ebe iha travel hosi blade iha plane paralelu ba base switch nian.” Dobralisa rohan isolator troka atu kompleta operasaun abertura no enseramentu.



Single Side-Break Switch

18/6/2013

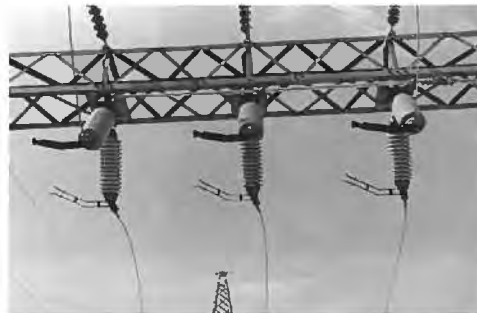
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

40

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(5)

Center-Break Switch

Ida ne'ebe iha travel hosi blade iha plane paralelu ba base switch nian no ne'e la taka iha sentru iha de'it pontu ida. Isolator rua ne'e hotu troka atu kompleta operasaun abertura no enseramentu.



Underhung Center-Break V-Switch

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

41

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(6)

Grounding Switch

“Aparellu switching mekániku ida ho meius sirkuitu ka besi baluk ida ne'ebe bele liga elétriku ba rai. Tipus balun normalmente uza grounded blade ida, ne'ebe halo atu liga bus ka ekipamentu rai nian.



Horizontally Mounted Double Break Switch with Grounding Switch

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

42

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(7)

Hook Stick Switch

Ida nebe loke manualmente ho meius switch stick ida. Isolator rua ne'e hotu estasionariu nafatin bainhira blade, hasai tiha ida, tuir switch stick nebe mak loke ka taka. Hirak-ne'e mak tomadas single-pole (single-phase)..



Hook Stick Switches on Structure at Termination of Bus from Transformer

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

43

24. Konstrusaun Oioin hosi Outdoor Air Switches(8)

Vertical Reach Switch

“Kontak estasionariu ida ne'ebe hetan apoia hosi estrutura separadu hosi hinge mounting base. Blade iha pozisaun besik nebe vertikál ho hinge mounting base.”



Vertical Reach Switch

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

44

29. Surge arrestors ka Lightning arrester

Surge Arresters ka Lightning Arresters dezarga voltajen aas sai boot derrepente ba rai no proteje ekipamentu izolasaun hosi switching surges no lightning surges. Surge arresters jeralmente liga entre kondutór no rai. Iha subestasaun surge arrester nebe lokaliza iha estartamentu subestasaun nian hanesan hatudu iha liña tranzmisaun tama no sai ekipamentu dahuluk subestasaun nian. Surge arresters mós prepara besik phase terminal transformadór ba rai. Iha tipu rua hosi surge arresters nebe disponivel 1) Gapped Arresters 2) Gapless Zinc – Oxide arresters.



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

45

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU (1)

- Sirkuitu recloser automatiku ida maka aparellu self-controlled protetivu nebe uza atu interrompe no reclose automatikamente ba sirkuitu alternating-current ida liuhosi sekuensia predeterminadu ida hosi opening no closing tuir resetting, lockout, ka hold closed.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

46

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(2)

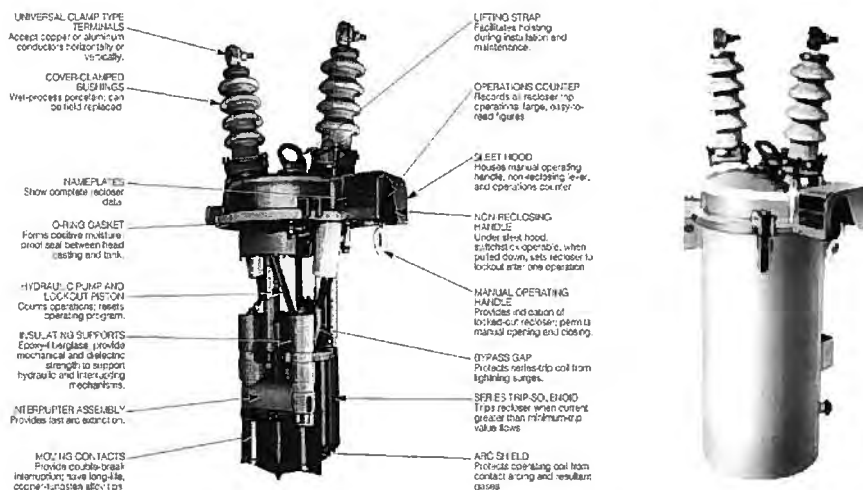
Objetivu: Recloser sira nebe mak instala atu prepara kontinuaun servisu ho másimu ba distribuisaun kargas, simples no ekonomikamente, hodi muda fallansu sirkuitu permanentemente hosi sistema ka clearing no reclosing imediatu iha sirkuitu ida nebe suzere ba fallansu temporariu ida nebe hamosu hosi lighting, trees, wildlife, ka problemas hanesan. La hanesan ligasaun fuse, ne'ebe interrompe mós fallansu temporariu ka permanente indezkriminamente, recloser sira bele hafahe tipus fallansu rua ne'e, permanente no temporariu. Sira fó fallansu temporariu repetidu troka sein fallansu ka sai klaru hosi aparelu protetivu subordinadu. Enkuantu fallansu seidauk klaru, recloser rekoñese fallansu hanesan permanente no fusiona atu hasai ka, iha aplikasaun balun, hold closed.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

47

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(3)



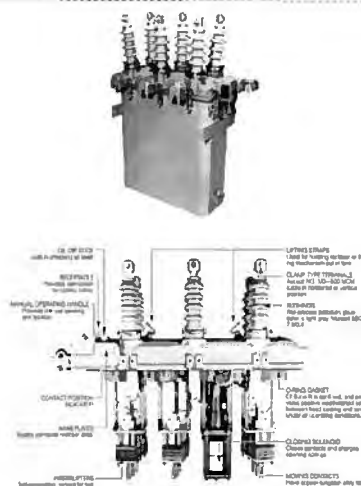
Typical Single-Phase Hydraulically Controlled Oil Circuit Breaker

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

48

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(4)



Recloser with Single-Phase Tripping and Three-Phase Lockout

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

49

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU (5)

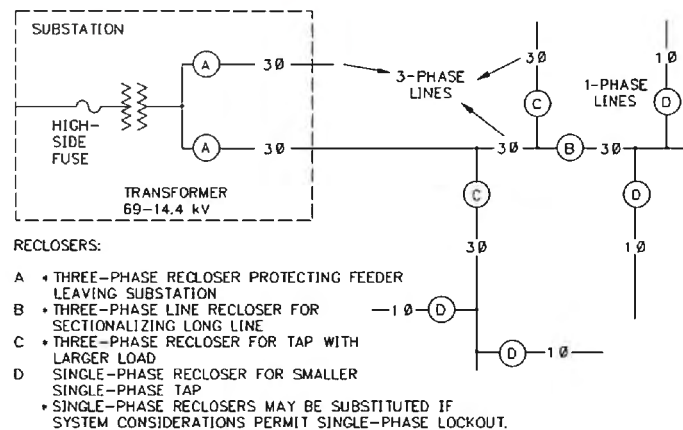
Aplikasaun: Sirkitu reclosers automátiku uza iha distribuissun subestasan sira no iha branch feeder sira atu proteje sirkitu distribuissun sira no atu kontrola sira. (hare pájina tuirmai) sira-nia aplikasaun própiu presiza estudu ida kona-ba karakterístika karga ka sirkitu-badak sira hosi rua ne'e hotu proteje no protesaun ekipamentu. Idane'e inklui fuzivel voltajen-aas ka protesaun seluk iha forneseментu ba transformadór subestasaun banku, breaker sirkitu ida ka recloser iha distribuissun voltajen fornese feeder iha subestasaun, liña reclosers oioin, sectionalizers, liña fuzivel sira, karakterístiku fiu iha fatin fallansu, rezisténsia ground, nst.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

50

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(6)



Typical Line Diagram of Distribution Circuit Showing Application of Reclosers

18/6/2013

JICA Ekijpa Asisténsia Tékniku

51

11. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU (7)

Single-Phase ka Three-Phase: Reclosers single- no three-phase rua ne'e hotu disponivel atu satisfás rekerementus aplikasaun.

Single-Phase Reclosers: Recloser single-phase sira uza atu proteje liñas single-phase, hanesan branches ka taps hosi three-phase feeder ida. Sira bele mós uza iha sirkuitus three-phase iha ne'ebe karga maioria single phase. Nune'e, bainhira phase-to-ground permanente ida hamosu fallansu, phase ida bele taka bainhira servisu mantein atu sistema hosi two-thirds nafatin.

18/6/2013

JICA Ekijpa Asisténsia Tékniku

52

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(8)

Three-Phase Reclosers: Three-phase reclosers uza iha ne'ebe taka three-phase hotu nebe presiza ba fallansu permanente ruma. Sira mós uza atu prevene single phasing hosi kargas three-phase, motór three-phase boot sira. Three-phase reclosers iha modelus rua hosi operasun.

- Primeiru, single-phase nebe trip no three-phase nebe lockout, iha reclosers single-phase tolu nebe monta iha tanki single ida, ho interkoneksaun mekániku ba lockout de'it. Kada phase opera independentemente ba overcurrent tripping no reclosing. Karik phase ruma opera ba kondisaun lockout tanba fallansu permanente ida, mekaniku nebe liga trip sira loke phases rua seluk no taka sira-nia nakloke. Nune'e , hatutan organizaun single-phase hosi kargas three-phase nebe prevene. Tipu hosi operasaun idane'e prepara ba tipus recloser sira kiikliu.
- Recloser boot sira utiliza ba modelu segundu operasaun nian: three-phase trip ho three-phase lockout. Ba fallansu ruma—single-phase-ba-ground, phase-ba-phase, ka three-phase—ligasaun hotu opera iha dala ida de'it ba operasaun trip ida-idak. Three phases, mekanikamente liga hamutuk ba tripping no reclosing, nebe opera hosi mekanizmu jerál.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

53

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(9)

Konstrusaun

Sirkuitu reclosers automatiku barakliu iha komponentes lima prinsipál: tank, bushings, mechanism, interrupter, no controls. Mezmu firguras nebe hatudu refere ba sirkuitu reclosers oli, reclosers barak iha komponentes báziku hanesan.

Tanki: Tanki parte ida hosi recloser nebe hamahan mekánizmu interrupter no tripping no closing sira. Tanki baibain halo hosi besi asu no rectangular ba three-phase recloser ida no cylindrical ba single-phase recloser ida. Tutun baibain aluminiu tranzmite apoiu komponentes oioin. Teknolojia foun balun seidak utiliza tanki sira. Interrupter bele hamutuk iha epoxy bushing bainhira mekánizmu funsiona homutuk ho steel housing.

Bushings: Bushings izola estruturas inklui through-conductors ho provizaun hodi monta iha recloser tutun.

18/6/2013

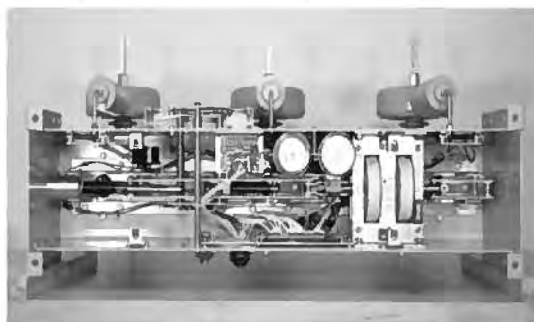
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

54

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(10)

Mekánizmu Operasaun: Mekánizmu operasaun hosi sirkuitu reclosers automatiku ida fornese enerjia atu loke, taka, reclose, lockout, ka kaer besik koneksaun prinsipál. Mekánizmu tripping mak aparellu nebe hasai kapital investimentu no loke koneksaun prinsipál. Iha kazu barak, enerjia nebe loke fornese hosi springs nebe karega hosi mekánizmu closing. Mekánizmu operasaun ida hanesan hatudu iha

Figura



Operating Mechanism with Housing Cover Removed

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

55

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(11)

Mekánizmu closing mak solenoid coil, springs, ka motór ida no aranjamentu gear. Enerjia closing serbí atu taka koneksaun prinsipál no iha tempu hanesan karega opening springs. Mekánizmu lockout mak aparellu nebe taka koneksaun prinsipál iha pozisaun nakloke tuir kompleksaun hosi sekuensia operasaun nian. Mekánizmu hold-closed mak aparellu nebe kaer koneksaun prinsipál iha pozisaun nebe taka tuir kompleksaun hosi predeterminadu sekuensia operasaun nian. Nia kaer koneksaun prinsipál nebe taka hanesan mós korenti suli resin ho valór predeterminadu sekuensia operasaun nian. Bainhira korenti nebe redús tún hosi valor idane'e, mekánizmu hold-closed monta-fali ba ninia pozisaun inisial.

Interrupter: Interrupter mak parte ida hosi recloser nebe iha koneksaun separadu nebe opera iha unidade interrupting. Konfigurasaun fíziku no metodu interruption nian hamutuk tebes ho manufatura no klasifikasaun recloser.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

56

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(12)

Kontrolu: Reclosers nebe prepara ho aparelu sekuensia kontrolu no operasaun integrator atu muda recloser hosi operasaun instantáneu ba time-delay operasaun no atu lockout recloser hafoin aprova numeru operasaun. Operasaun tripping indivídu hosi recloser ida bele atu haktuir imediatu ka time-delay, karakterístiku time-current. Reclosers normalmente tau ba sekuensia operasaun nian hanesan tuirmai:

- Operasaun time-delay hat
- Operasaun imediatu ida tuir ho operasaun time-delay tolu
- Operasaun imediatu rua tuir ho operasaun time-delay rua

18/6/2013

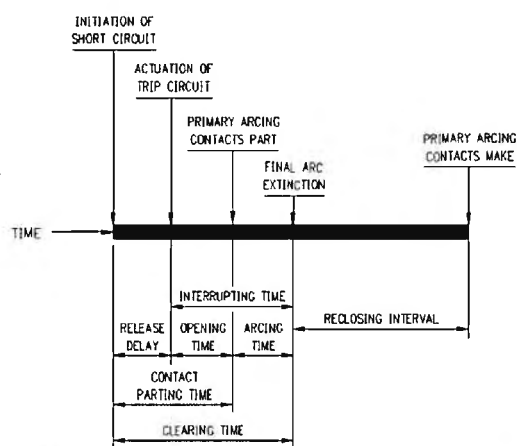
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

57

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(13)

Operasaun Recloser

Bainhira overcurrent ho motante suficiente suli liuhosi trip coil ka sensing transformadores korenti, asaun tripping nebe komesa no liga nakloke. Recloser liga hafoin reclose tuir durasaun tempu predeterminadu (haree Figura – ANSI/IEEE Std. C37.60-1981).



Unit Operation. Ref. ANSI/ IEEE Std. C37.60-1981

18/6/2013

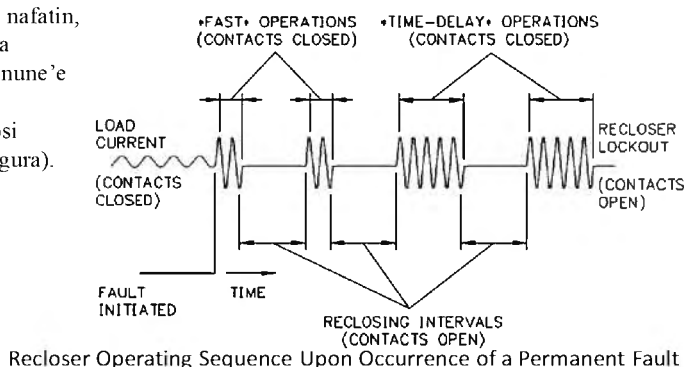
JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

58

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(14)

Bainhira recloser reasesu sirkuitu, aparelu sekuensia kontrolu muda tiha ona atu konta operasaun trip. Enkuantu fallansu sei kontinua iha sirkuitu bainhira recloser taka, sekuensia tripping no closing repete numeru predeterminadu hosi tempu, hanesan estabelese hosi aparelu sekuensia kontrolu, to'o recloser la'o hanesan lockout ka pozisaun hold-closed. Karik fallansu klaru tiha ona hosi sirkuitu durante periodu open-circuit ruma, maibe,

recloser taka no taka nafatin, no aparelu sekuensia kontrolu tau-fali atu nune'e nia iha pozisaun ba sekuensia tuirmai hosi operasaun. (haree Figura).



Recloser Operating Sequence Upon Occurrence of a Permanent Fault

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

59

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(15)

Manutensaun no Inspesaun

Instalasaun: Antes instala recloser ida, revista ba estragu mekániku eksternu, nivel oli, (recloser ense oli), sekuensia servisu hanesan espesifika, no halo dokumentasaun leitura iha kontadór operasaun. Períodiku inspesaun no manutensaun esensial atu garante efikásia, servisu trouble-free hosi sirkuitu recloser automatiku ida. Bainhira sirkuitu recloser automatiku nebe instala, ne'e tenke tau iha orariu períodiku hosi teste no inspesaun. Frekuensia hosi manutensaun tenke bazeia ba rekomendasaun manufatura nian, liu oras servisu, no numeru operasaun nian. Teknolojia vacuum foun barak seidaok presiza frekuensia hosi orariu manutensaun nebe sirkuitu recloser oli tradisional halo. Hanesan teste no inspesaun tenke taka oras teste no revista bushings ba cracks no tanki hosi oli sai, hanesan mós halo dokumentasaun leitura kontadór. Inspesaun internu tenke inklui liga manutensaun no substituisaun; revista gear sira hotu, linkages, planu servisu; teste oli nian, nst.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

60

30. SIRKUITU RECLOSERS AUTOMÁTIKU(16)

Mounting

Reclosers barakliu, single-no-three phase rua ne'e hotu, mak serve ba monta iha besi-riin sira (haree Figura) no estruturas subestasaun sira. Reclosers single-phase bele monta mesak ka iha grupus. Recloser three-phase iha arus nebe serve hodi monta, besik instalasaun pad-mount, ka modifikasaun ba besi-riin ka monta iha estrutura subestasaun.



Mounted Recloser

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

61

31. Korenti Transformadór(1)

Korenti transformadór uza ba korenti nebe monu tuir medida, protesaun no kontrolu. Korenti transformadór iha tipus rua:

1. Protetivu CT
2. Medida CT



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

62

31. Korenti Transformadór(2)

Bar: Korenti transformadór bar-type mak ida nebe hadi'a tiha ona, izola direktamente ho kondutór iha forma hosi bar, rod ka tube ne'e mak primáriu rotasaun temporariu de'it sirkuitu besi-asu no ne'e monta ba secondary, core, no winding.

Bushing: Korenti transformadór bushing-type mak ida nebe iha round core no secondary winding izola hosi no monta permanente iha core maibe la iha primary winding ka izolasaun ba primary winding. Korenti transformadór hosi tipu idane'e atu uza ho izola kondutór kompletu hanesan primary winding.

Wound: Korenti transformadór wound-type mak ida nebe hadi'a tiha ona primary winding mekanikamente sirkula iha core; nia bele iha primáriu rotasaun ida ka liu. Windings primáriu no sekundária kompletamente izola no monta permanente iha klaran hanesan estrutura integradu.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

63

31. Korenti Transformadór(3)

Double-Secondary: Korenti transformadór double-secondary mak ida nebe iha sekundáriu coils ida-idak iha sirkuitu besi-asu ketak ho sirkuitu besi-asu rua ne'e hotu book-an hosi primary winding. Multiple-secondary (tolu ka liu) korenti transformadór sira mós halo ona. Window/Donut: A window- or donut-tipu transformadór korenti mak ida nebe ia secondary winding izola hosi no monta permanente iha klaran, maibe la iha primary winding hanesan parte integradu ida hosi estrutura. Kompleta ka parsial izolasaun nebe prepara ba primary winding iha window liuhosi ida ka liu ne'ebe dulas hosi liña kondutór bele lahan atu prepara primary winding.



Bushing, Window, and Wound-Type Current Transformers

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

64

31. Korenti Transformadór(4)



High-Voltage Current Transformers

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

65

32. Voltajen Transformadór (1)

Voltajen transformadór uza atu hamate voltajen tuir sasukat, protesaun no kontrolu. Voltajen transformadór iha tipus rua:

1. Tipu elektro magnetik
2. Kapasidade VT nebe lokaliza iha feeder sorin hosi Breaker Sirkuitu.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

66

32. Voltajen Transformadór(2)



Voltage Transformers

18/6/2013

JICA Ekipo Asisténsia Tékniku

67

33. KOPLING KAPASITOR NO KOPLING KAPASITOR VOLTAJEN TRANSFORMADÓRES(1)

Kopling kapasitor no kopling kapasitor voltajen transformadóres rua ne'e hotu mak aparelhu single-phase nebe utiliza unidades kapsitor ida ka liu, baibain monta iha baze, atu kombina sinal komunikaun ba voltajen aas liña enerjia ida.

Kopling kapasitor (CCs) mak uza iha konjusaun ho liña traps no liña tuners ba power line carrier (PLC) komunikasuan voltajen-aas liu liñas enerjia. A CC ho unidade elektromagnetik nebe bolu Coupling Capacitor Voltage Transformer (CCVT). CCVT bele uza atu fornese voltajen ba metering, no protesaun aplikasaun hanesan ba transformadór voltajen ida.

The ANSI Standard bele aplika ba liña enerjia coupling capacitors mak ANSI Std. C93.1, "Power Line Coupling Capacitors no Coupling Capacitor Voltage Transformers (CCVT) Requirements." Padraun idane'e proteje item sira hanesan definisaun, kondisaun servisu, valór, ezaminaun, no rekerementu manufatura.

18/6/2013

JICA Ekipo Asisténsia Tékniku

68

33. KOPLING KAPASITOR NO KOPLING KAPASITOR VOLTAJEN TRANSFORMADÓRES(2)

Kopling kapasitor voltajen transformadóres, baibain hanaran aparellu nebe uza ba coupling ba liña enerjia atu prepara voltajen (s) kiik ba operasaun hosi relay sira no instrumentus metering. Asesorius ka provizaun power line carrier ba instalasaun oinmai hosi asesorius carrier bele inklui iha baze.



Coupling Capacitor Voltage Transformers With and Without Wave Trap

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

69

34. Protesaun Lightning

Protesaun lightning uza atu proteje direktamente ekipamentu subestasaun hosi lightning strokes. Lightning Masts lokaliza iha outdoor yard. Fiu Overhead Shielding sira uza atu taka outdoor yard nebe tama.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

70

35. Isolated Phase Bus System

Isolated Phase Bus System prepara koneksaun entre Jeradór no Transformadór inan. Nia lori korenti aas tebes.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

71

36. Neutral Grounding Equipment

Neutral Grounding Equipment mak rezistor sira no reator sira. Sira uza atu limita sirkuitu korenti badak durante fallansu ground. Sira liga entre pontu neutrál no ground.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

72

37. Line Trap -

Line Trap iha coil indikativu baibain liga iha outdoor yard liña tama mai. Liña traps baibain monta iha Capacitor Voltage Transformer (CVT) leten ka iha estrutura ketak.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

73

38. Isolator sira(1)

Uza ba izolasaun prinsipál. Tipus diferente hosi isolator sira mak Porcelain, Glass, Epoxy.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

74

38. Isolator sira(2)

Post-type aparelu isolator sira mak tipu barakliu talvez uza ohin loron ba konstrusaun subestasaun foun. Perfil uniforma no diamentru kiikliu promove isolator nebe iha. Tipus postu isolator jerálmente uza nebe halo hosi porcelain no polymer



Station Post Insulator

18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

75

38. Isolator sira(2)

Suspensaun isolator sira uza hanesan izolasaun no opoiu ba strain buses iha subestasaun sira. Suspensaun isolator sira disponivel iha formas balun tuir rekereamentus.



Suspension Insulator

18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

76

39. Fiu Enerjia

Fiu Enerjia uza atu lori enerjia. Sira mak single core no three core. Tipus hosi power cables mak izolamentu PVC, izolamentu XLPE.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

77

40. Fiu Kontrolu

Fiu Kontrolu uza ba protesaun, kontrolu no sasukat nst.. Sira iha voltajen kiik no izolamentu PVC. Fiu Kontrolu mak Multi core no Shielded.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

78

41. Sistema Estasaun Earthing(1)

Sistema Estasaun Earthing inklui elétrodus Earth Mat no Earth hatu'ur iha rai okos. Elétrodu Earth Mat no Earth hirak-ne'e liga ba estruturas ekipamentu, pontus neutrál ho objetivu ekipamentu earthing nian no pontu neutrál earthing.

Funsaun sistema earthing atu prepara rezisténsia earthing kiik ba

1. Dezqarga korenti hosi surge arresters, overhead shielding, earthing switches
2. Ba ekipamentu body earthing
3. Atu seguru touch potential no step potential iha subestasaun.

18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

79

41. Sistema Estasaun Earthing(2)



18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

80

42. Painél Metering, Kontrolu no Relay sira

Instrumentus iha kuantidade oioin, kontrolu instrumentus, relay protetivu sira. Sira lokaliza iha fatin malirin. Fiu Kontrolu sira tau entre ekipamentu Switchyard no painél hirak-ne'e.



18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

81

43. Eskemas Switching ka Aranjamentus Busbar iha Subestasaun

Burbars mak elementus importante iha subestasaun. Busbars servisu hanesan pontu nodal iha subestasaun ne'ebé liga sirkuitus oioin tama no sai.

Subestasaun sira apresenta iha sistema enerjia hala'o operasaun oioin depende ba aplikasaun hanesan voltajen stepping up, voltajen stepping down, tranzmisaun voltajen aas no estasaun switching sira atu hadalan enerjia tuir karga sentral..

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

82

44. Busbars iha Subestasaun

Busbars uza iha subestasaun sira jeralmente rectangular ka sirkular seksaun cross bar sira. Busbars hirak-ne'e bele mós solidu ka estruturas mamuk. Sirkular cross mamuk hosi seksaun busbar sira nebe emprega iha subestasaun EHV sira atu redús corona efeito.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

83

45. Eskemas Switching

Eskemas Switching implika metodus diferente nebe emprega atu liga sirkuitus elétriku iha sistema enerjia atu transfere enerjia elétriku iha modelu reliavel. Switching schemes ajuda lori enerjia elétriku ba sistema enerjia karik parte ruma hosi sistema nebe falla ka iha manutensaun.

Subestasaun sira uza tipus diferente hosi aranjamentus busbar iha switching schemes depende ba aplikasaun, reliabilidade hosi forneseментu no kustu instalasaun nian. Iha subestasaun busbars sira ida-idak hala'o regulamentu jerál atu liga sirkuitus diferente. Maibe switching disponivel iha sistema enerjia ho ajuda hosi breaker sirkuitu sira no isolator sira

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

84

46. Aranjamentus busbar diferente

Eskema switching nian balun mak aranjamentus busbar nebe emprega iha subestasaun nebe alista iha okos:

- A) Aranjamentu Single Bus-bar
- B) Eskema Double Main Bus-bar
- C) Eskema Main and Transfer bus-bar
- D) Eskema One and half breaker
- E) Eskema aranjamentu Ring Main

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

85

47. Eskema Single Bus-bar(1)

Eskema busbar idane'e disponivel simples liu ne'ebe iha single set hosi busbars liga ba jerador, transformadores no karga feeders. Feeders hotu liga hosi breaker sirkuitu no set isolators nian. Aranjamentu idane'e ajuda atu muda koneksaun elementus (jeradores, transformadores, etc.) ba manutensaun hodi loke kontak breaker sirkuitu no mós loke isolators.

Dezvantajen sira:

- Aranjamentu busbar idane'e utiliza kustu instalasaun menus
- Manutensaun menus
- Operasaun simples

Dezvantajen sira:

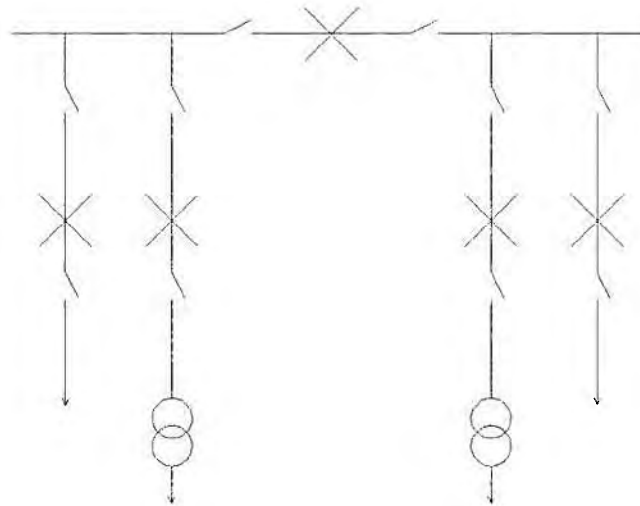
- Falla iha busbar feeders hotu liga ba busbars tenke dezliga.
- Bainhira busbar iha manutensaun forneselementu hotu no feeders hotu tenke dezliga
- Falta fleksibilidade no reliabilidade

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

86

48. Eskema Single Bus-bar(2)



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

87

49. Eskema Double Main Busbar(1)

Normalmente iha eskema double main busbar ida-idak liga ba buses rua ne'e hotu. Iha kazu balun sirkuitu sorin balu bele liga no opera iha bus ida-idak. Iha kazu hirak-ne'e bus no breaker sirkuitu nebe falla sei lakon hodi hafahe sirkuitu. Double main busbar no eskema double breaker scheme prepara aas reliabilidade iha kazu hosi sala ka ahi-mate hosi breaker ida.

Vantajen sira:

- Sirkuitu ruma bele lori sai hosi sirkuitu hodi halo manutensaun
- Fleksibilidade iha koneksaun feeder sirkuitu ba mós busbar nian.

Dezvantajen sira:

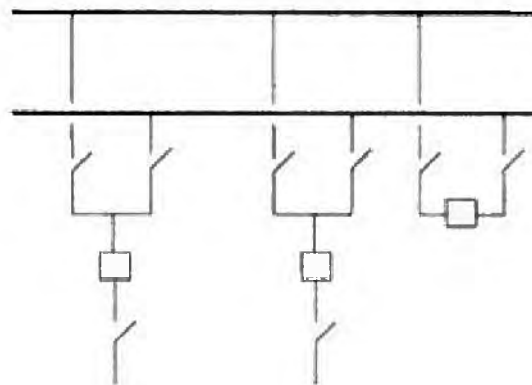
- Karun liu
- Sirkuitu lakon nebe liga ba busbar bainhira mosu sala iha busbar.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

88

50. Eskema Double Main Busbar(2)



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

89

51. Eskema Sentral no Transfer Busbar(1)

Eskema Sentral no Transfer busbar hanesan ho aranjamentu single busbar ho adisional transfere bus nebe liga. Kesi breaker sirkuitu nebe prepara atu kesi bus sentral no tranfere. Sirkuitus hotu nebe liga ba bus sentral durante operasaun normal. Bainhira breaker sirkuitu liga ba sirkuitu (liña transmisaun) nebe presiza ba trip hodi halo manutensaun, kesi breaker sirkuitu nebe liga ba sentral no transfere bus nebe taka. Protesaun relay ba sirkuitus liga ba transfere bus nebe kuidadu ho kesi breaker sirkuitu.

Vantajen sira:

- Kustu inisial kiik
- Breaker ida bele lori sirkuitu hodi halo manutensaun

Dezvantajen sira:

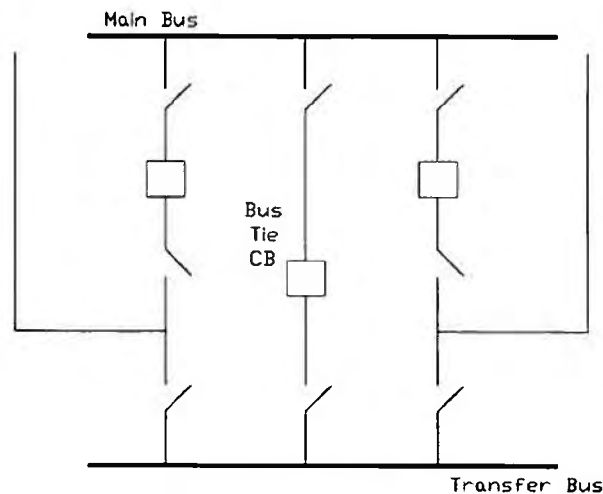
- Presiza breaker esktra ida hodi kesi bus
- Switching buat ne'ebe komplikadu bainhira breaker iha manutensaun

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

90

52. Eskema Sentral no Transfer Busbar (2)



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

91

53. Eskema breaker Busbar Ida no balu(1)

Iha eskema breaker ida no balu, sirkuitus rua nebe liga entre three circuit breakers. Tanba breaker ida ka balu nebe inventa ba tipu aranjamentu idane'e nian. Breakers hotu taka iha kondisaun normal operasaun no busbars rua ne'e hotu energized. Sirkuitu ida falla breakers sirkuitu sei monu no sirkuitu seluk sei afeita iha aranjamentu idane'e. bainhira busbar ida falla hamosu de'it breaker ajudante ba busbar nebe monu no laiha sirkuitu ida lakon enerjia. Busbars rua bele mós lori sai hosi servisu ho afeita sai enerjia nebe suli enkuantu rekursu enerjia sirkuitu (sirkuitu alternador) no sirkuitu simu (liña transmisaun) disponivel iha bay hanesan.

Vantajen sira:

- Operasaun barakliu disponivel flesivel
- Reabilidade aas
- Bus falla sei la muda sirkuitu ruma hosi servisu

Dezvantajen sira:

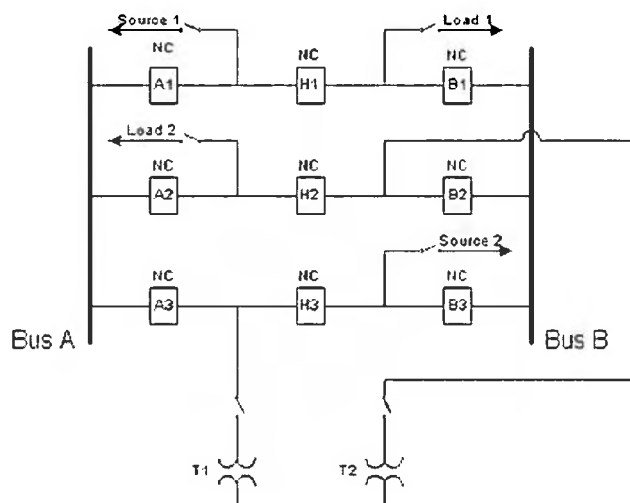
- Kusta aas
- Relaying buat ne'ebe komplikadu bainhira sentru breaker tenke responsabliza ba sirkuitus rua ne'e hotu iha direksaun balun no tenke

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

92

54. Eskema breaker Busbar Ida no balu(2)



18/6/2013

JICA Ekpa Asistnsia Tknika

93

55. Eskema Ring busbar(1)

Iha ring idane'e aranjamentu eskema busbar sentral, breakers nebe liga iha ring no sirkuitus nebe liga entre breakers. Sei iha numeru hanesan hosi sirkuitus hanesan numeru breakers nian iha aranjamentu. Breakers hotu taka durante operasaun normal. Durante sirkuitu monu breakers rua liga ba sirkuitu trips. Durante manutensaun breaker tanba ring rahun maibe liñas hotu iha servisu nafatin.

Vantajen sira:

- Kustu kiik
- Operasaun flesivel ba manutensaun breaker
- Breaker ida bele lori sai servisu nian sein interrompe karga
- Enerjia bele hatama ba diresaun rua ne'e hotu

Dezvantajen sira:

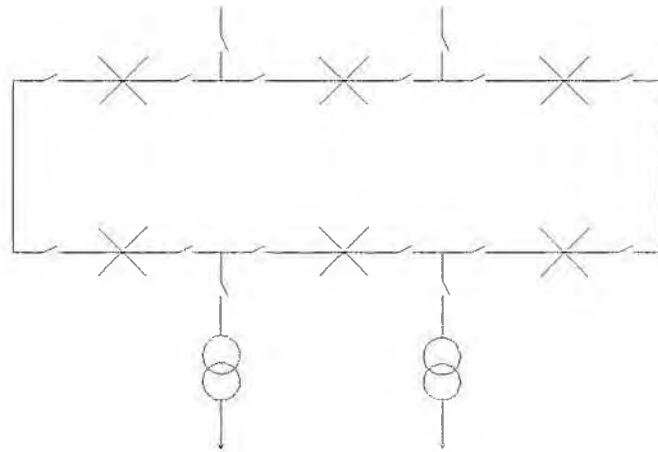
- Falla mosu durante manutensaun sei harahun ring
- Relaying mak kompleksu
- Breaker falla durante sei hamonu sirkuitu adisionál ida

18/6/2013

JICA Ekpa Asistnsia Tknika

94

56. Eskema Ring busbar(2)



18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

95

AsisténsiaTékniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál (ADN) nian
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus

No.	Konteúdu
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Sistema Tranzmisaun and Distribuisaun
5	Estudu Sistema Enerjia
6	Analiza Korenti Enerjia (Power Flow Analysis)
7	Renovasaun Enerjia (Enerjia Photovoltaic)
8	Sistema Protesaun
9	Sistema Operasaun no Kontrolu Enerjia
10	Selukseluk

Konteúdu bele muda depende ba kondisaun.

Ha'u hakarak diskute kona-ba konteúdu ho Sr. Miguel no ITA.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

2

VI. SISTEMA TRANZMISAUN NO DISTRIBUISAUN

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

3

VI. SISTEMA TRANZMISAUN NO DISTRIBUISAUN

INTRODUSAUN

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

4

Ekipamentu Tranzmisaun Enerjia

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Step-up no Step-down Tranzformadores Enerjia. ➤ Voltajen regulator ➤ Phase shifter ➤ Liña Tranzmisaun no fiu sira ➤ Breaker sirkuitu no isolator sira | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Shunt no series reactors no capacitors ➤ Lightning arresters ➤ Protective relays ➤ Fact devices (SVC, Statcom, TCSC, nst.) ➤ Konverter no Inverter |
|---|--|

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

5

Ekipamentu Tranzmisaun Enerjia

- Distribuisaun tranzformadores
- Feeders (overhead ka underground cables)
- Switches, fuses, nst.
- Protective relays
- Lightning arrestors
- CT/PT

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

6

Sistema Underground vs Overhead

- Fiu underground teknikamente diakliu duke liña overhead
 - La nakloke ba kondisaun enviromentu
 - Induktansi (Inductance) hatún iha fiu entaun voltajen drop menus
- Maibe fiu karunliu duké liña overhead ba voltajen no kapasidade despasu hanesan
 - Kustu konduktor nian aas
 - Kustu isolator nian aas
- Kustu produsaun hatún ba fiu maibe kustu manutensaun aas.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

7

Sistema Underground vs Overhead

- Kapasitansia prinsipál iha fiu.
- Ne'e fô servisu boot ba korenti ne'ebe limite duransaun fiu nian.
- Tan ne'e distansia naruk liña tranzmisaun overhead prefere liu.
- Fiu sira prefere liu iha kondisaun tuirmai:
 - Seguransa publiku komprometidu no interferensia presiza tun
 - Okupadu sidade boot sira
 - Sidade nia furak importante
 - Lihosi tasi okos, no koneksaun subestasaun no tranzformadór

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

8

Opsaun hosi Servisu Voltajen

- Kustu hosi konduktor karun iha tranzmisaun overhead no idane'e afeta tebes hosi opsaun nivel voltajen nian.

V_1	$V_2 = mV_1$
I_1	$I_2 = I_1 / m$
R_1	$R_2 = m^2 R_1$
a_1	$a_2 = a_1 / m^2$

- Sei iha kustu ba material konduktor enkuantu enerjia nebe lori iha voltajen aasliu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

Opsaun hosi Servisu Voltajen

- Maibe sistema voltajen aasliu sei presiza kustu barak hosi isolator iha ekipamentu hanesan transformadores, circuit-breakers, no switches.
- Kustu isolator nian aumenta maka'as ho voltajen aumenta.
- Tan ne'e ba liña tranzmisaun nebe naruk tebes, nivel voltajen iha sorin bá ne'ebe nia sai antiekonómiku.
- Tan ne'e, pergunta oinsa atu hili voltajen tranzmisaun no distribuisaun?

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

Opsaun hosi Servisu Voltajen

- Karik C mak total kustu anuál hanesan funsaun hosi konduktor cross seksaun A no voltajen servisu V

$$C = f(A, V)$$

- Ba kustu mínimu

$$\delta f / \delta A = 0$$

$$\delta f / \delta V = 0$$

- Ne'e sei rezulta barakliu iha ekonómiku konduktor cross seksaun no sistema voltajen, karik funsaun f bele define ho-akurat.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

Opsaun hosi Servisu Voltajen

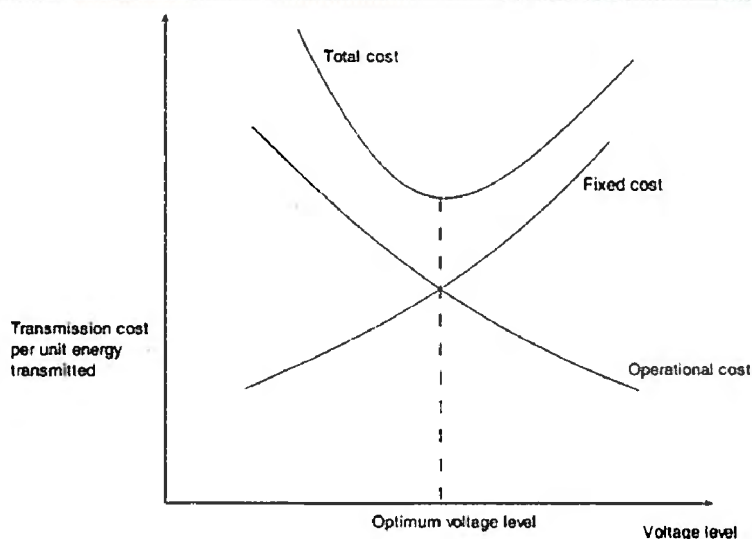
- C = interese anuál no depresiasaun iha kustu kapitál (kustu permanente) + kustu anuál hosi enerjia nebe lakon (kustu operasional).
- Kustu operasional depende iha koduktor cross seksaun, voltajen, fatór enerjia, mudansa iha karga tempu ba tempu, harmonics, nst.
- Portantu, funsaun f depende iha fatóres barak no komplikadu oituan atu deskrebe nia mathematically.
- Tan ne'e determinasaun bazeia ba baze ekonomiku lasatisfatóriu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

Kustu Tranzmisaun hanesan Funsaun hosi Nivel Voltajen



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

13

Opsaun hosi Servisu Voltajen

$$V = 5.5 \sqrt{\frac{L}{1.6} + \frac{kVA}{150}}$$

$$V = 5.5 \sqrt{\frac{L}{1.6} + \frac{3P}{100}}$$

- V is the line voltage in kV
- L is the line distance in km
- P is the estimated maximum power in kW per phase

- ▶ Uza relasoens émpiriku hirak ne'e preliminar avalia nebe halo.
- ▶ Hafoin nivel voltajen nebe hili hodi kompleta estudu ekonomiku hodi eziste sistem interkonek.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

14

VI. TRANZMISAUN NO SISTEMA DISTRIBUISAU

LIÑA PARAMETERS

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

15

Parameters Elétriku

- Rezisténsia
- Induktansia
- Kapasitansia
- Konduktansia

- Konduktansia tanba kuak iha liña isolator sira.
Nia kiik loos no sempre deskuida.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

16

Tipus Konduktor nian

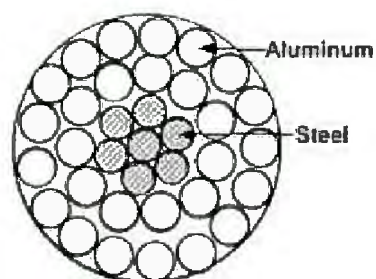
- Tembaga
- Alumíniu: baratu, kmaan, maibe falta konduktivu no falta gaya tarik duké tembaga
 - ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced)
 - AAC (All Aluminum Conductor)
 - AAAC (All Aluminum Alloy Conductor)
 - ACAR (Aluminum Conductor Alloy Reinforced)
 - Expanded ACSR

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

17

Konduktor ACSR



- Internal steel strands aumenta gaya tarik
- Outer aluminum strands lori korenti
- Stranded konduktor ho with twisted wires fô kbiit no fleksibilidade strength and flexibility of mechanical handling.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

18

Rezisténsia

- Rezisténsia DC hosi konduktor iha temperatura espesífiku mak:

$$R = \frac{\rho_T l}{A} \Omega$$

- ρ_T mak resistivity hosi konduktor iha temperatura T
- l mak durasaun hosi konduktor iha m
- A mak área cross-sectional hosi konduktor iha m²

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

19

Rezisténsia

- Dependensia temperatura hosi rezisténsia:

$$R_t = R_0(1 + \alpha_0 T)$$

- R_0 mak rezisténsia iha 0°C
- α_0 mak temperatura coefficient hosi rezisténsia hosi konduktor iha 0°C
- Nune'e, karik rezisténsia iha temperatura T_1 is known, rezisténsia iha temperatura seluk ruma T_2 bele uza kalkula:

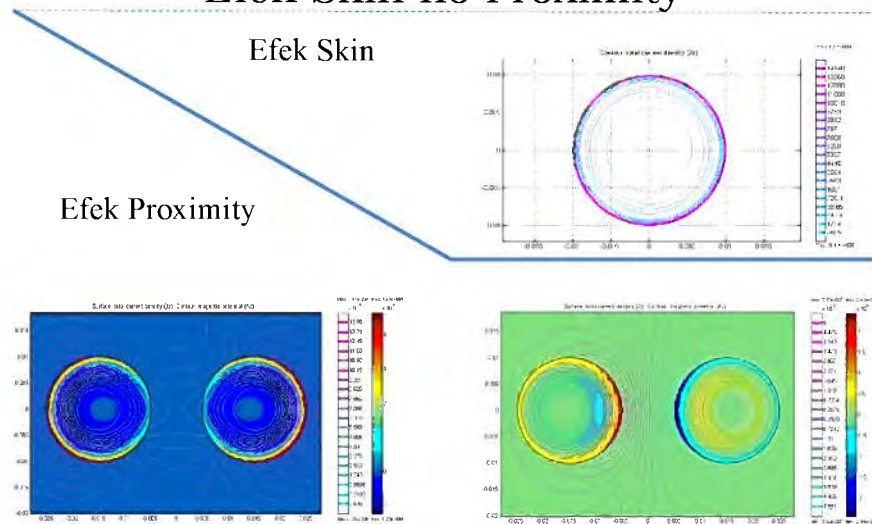
$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = \frac{(1/\alpha_0 + T_2)}{(1/\alpha_0 + T_1)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

20

Rezisténsia AC: Efek Skin no Proximity



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

21

Rezisténsia

Material	% Conductivity	Resistivity (20°C) Ωm
Copper	100%	1.72
Aluminum	61%	2.83
Iron	17.2%	10
Silver	108%	1.59

➤ Rezisténsia depende ba:

- Temperatura
- Dimensoens
- Frekuénsia

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

22

Induktansia

- Liña paramenter dominante barakliu

$$e = \frac{d\lambda}{dt} = \frac{d\lambda}{di} \cdot \frac{di}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

- Tan ne'e $L = \frac{d\lambda}{di}$

- Iha sistema linear magnetik $L = \frac{\lambda}{i}$

- Mutual induktansia mak $M_{12} = \frac{\lambda_{12}}{I_2}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

23

Medidas iha Kalkulasaun Induktansia

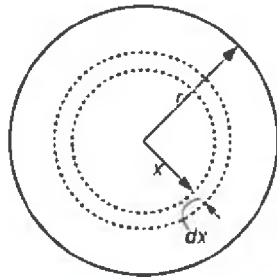
- Área intensidade magnetik (**H**) uza lei Ampere nian
- Magnetik flux density **B** ($=\mu\mathbf{H}$)
- Flux linkages (λ)
- Induktansia hosi flux linkage per ampere ($L=\lambda/I$)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

24

Induktansia Internu



$$mmf = \oint H \cdot ds = I$$

$$\oint H_x \cdot dx = I_x \Rightarrow H_x = \frac{I_x}{2\pi x}$$

$$\frac{I}{\pi r^2} = \frac{I_x}{\pi x^2} \Rightarrow I_x = \frac{\pi x^2}{\pi r^2} I$$

$$H_x = \frac{I}{2\pi r^2} x$$

$$B_x = \mu_0 H_x = \frac{\mu_0 I}{2\pi r^2} x$$

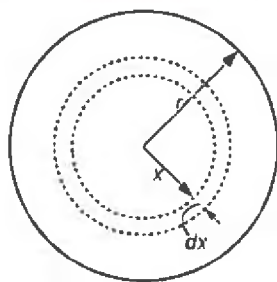
$$d\phi_x = B_x dx \times 1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r^2} x dx$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

25

Induktansia Internu



$$d\phi_x = B_x dx \times 1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r^2} x dx$$

$$d\lambda_x = \frac{\pi x^2}{\pi r^2} d\phi_x = \frac{\mu_0 I}{2\pi r^4} x^3 dx$$

$$\lambda_{\text{int}} = \int_0^r \frac{\mu_0 I}{2\pi r^4} x^3 dx = \frac{\mu_0 I}{8\pi} = \frac{I}{2} \times 10^{-7}$$

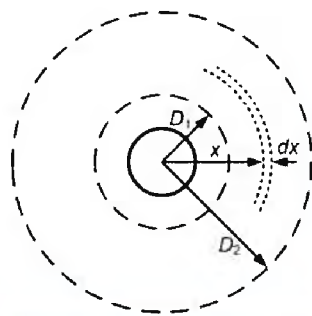
$$L_{\text{int}} = \frac{1}{2} \times 10^{-7}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

26

Induktansia Esternu



$$mmf = \oint H \cdot ds = I$$

$$2\pi x H_x = I$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

$$d\lambda_x = d\phi_x = B_x dx \cdot 1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx$$

$$\lambda_{ext} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_{D_1}^{D_2} \frac{1}{x} dx = 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1}$$

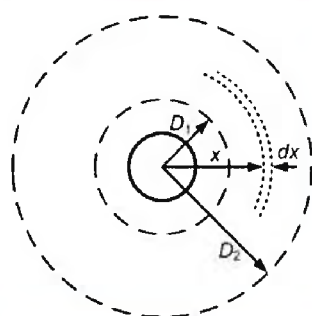
$$L_{ext} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

27

Induktansia Esternu



$$mmf = \oint H \cdot ds = I$$

$$2\pi x H_x = I$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

$$d\lambda_x = d\phi_x = B_x dx \cdot 1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx$$

$$\lambda_{ext} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_{D_1}^{D_2} \frac{1}{x} dx = 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1}$$

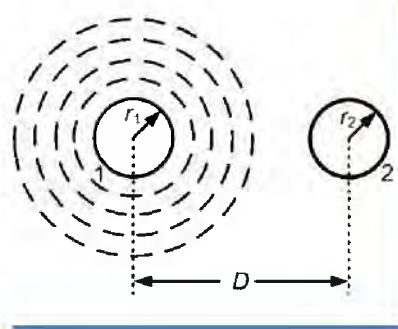
$$L_{ext} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

28

Induktansia hosi Liña Single-Phase



$$L_{int} = \frac{1}{2} \times 10^{-7}$$

$$L_{ext} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

$$L_1 = \left(\frac{1}{2} + 2 \ln \frac{D}{r_1} \right) \times 10^{-7}$$

$$L_1 = 2 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{D}{r_1} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(\ln e^{1/4} + \ln \frac{D}{r_1} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_1 e^{-1/4}} \right)$$

$$L_1 = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_1'} \right)$$

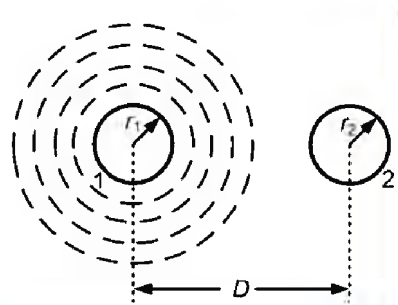
$$L_2 = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_2'} \right)$$

18/6/2013

JICA Eksp. Asistènsia Tèknika

29

Induktansia hosi Liña Single-Phase



$$L_1 = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_1'} \right)$$

$$L_2 = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_2'} \right)$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_1'} \right) + 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r_2'} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D^2}{r_1' r_2'} \right)$$

$$= 4 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{\sqrt{r_1' r_2'}} \right) \text{ H/r}$$

If $r_1' = r_2' = r'$, then

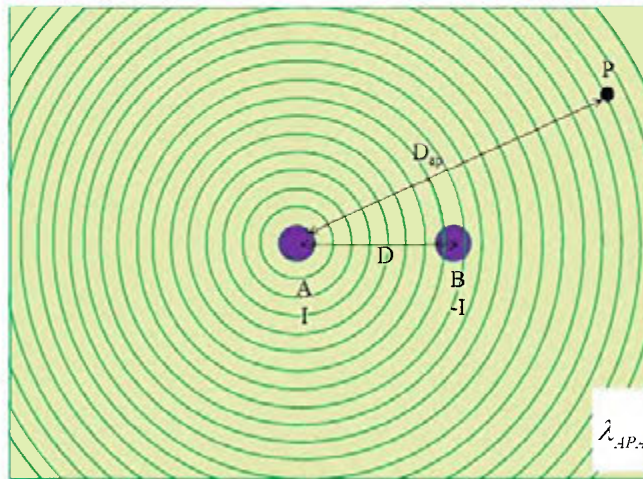
$$L = 4 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r'} \right)$$

18/6/2013

JICA Eksp. Asistènsia Tèknika

30

Flux Linkage hosi Konduktor A tanba Korenti iha Konduktor A



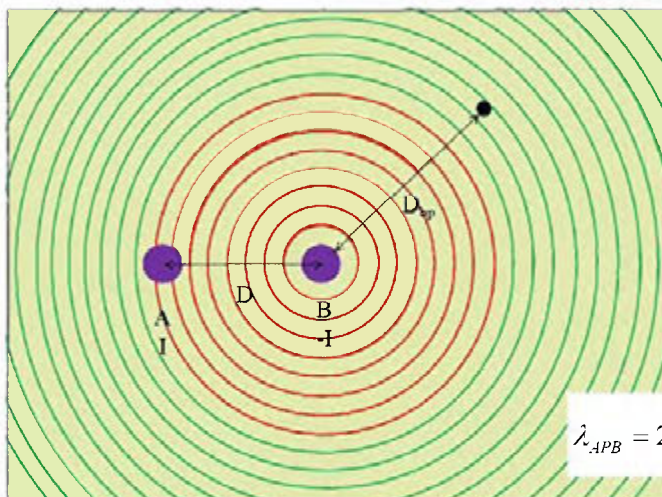
$$\lambda_{APA} = 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_{ap}}{r}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

31

Flux Linkage hosi Konduktor A tanba Korenti iha Konduktor B



$$\lambda_{APB} = 2 \times 10^{-7} (-I) \ln \frac{D_{bp}}{D}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

32

Total Induktansia

$$\begin{aligned}
 \lambda_A &= \lambda_{AP_A} + \lambda_{AP_B} \\
 &= 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_{ap}}{r'} - 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_{bp}}{D} \\
 &= 2 \times 10^{-7} I \left(\ln \left(\frac{1}{r'} \right) + \ln D_{ap} - \ln \left(\frac{1}{D} \right) - \ln D_{bp} \right) \\
 &= 2 \times 10^{-7} I \left(\ln \left(\frac{D}{r'} \right) + \ln \left(\frac{D_{ap}}{D_{bp}} \right) \right)
 \end{aligned}$$

If P is at very long distance from conductor $D_{ap} \approx D_{bp}$

$$\lambda_A = 2 \times 10^{-7} I \left(\ln \left(\frac{D}{r'} \right) \right)$$

$$L_A = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \left(\frac{D}{r'} \right) \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

33

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Symmetrical Spacing)

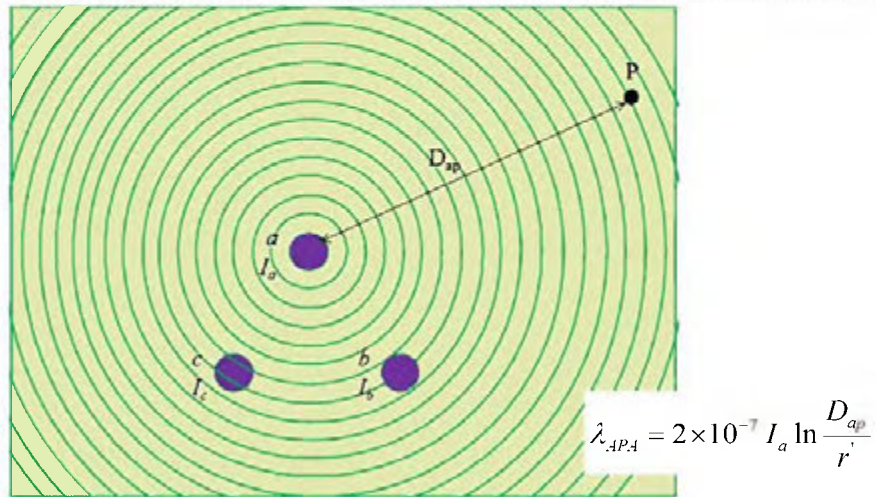


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

34

Flux Linkage hosi Konduktor A tanba Korenti iha Konduktor A

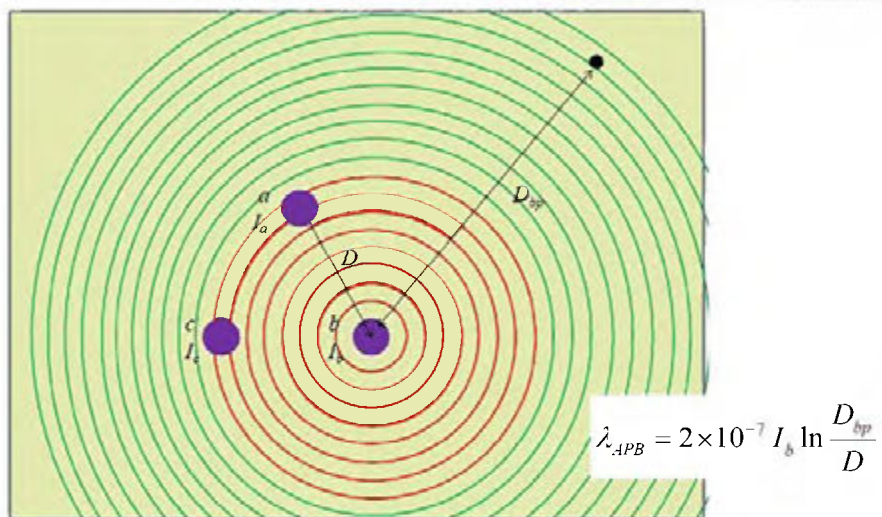


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

35

Flux Linkage hosi Konduktor A tanba Korenti iha Konduktor B

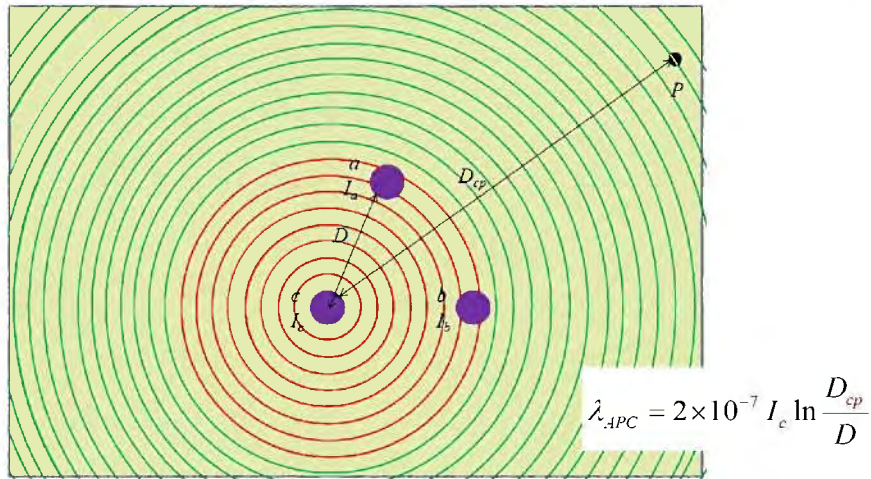


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

36

Flux Linkage hosi Konduktor A tanba Korenti iha Konduktor C

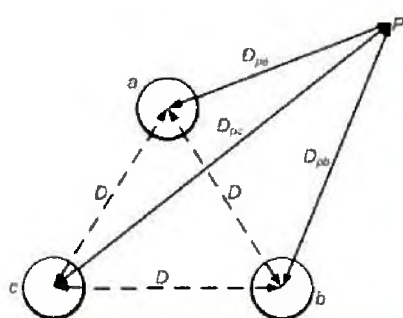


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

37

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Symmetrical Spacing)



$$L_1 = \left(\frac{1}{2} + 2 \ln \frac{D}{r_1} \right) \times 10^{-7}$$

$$I_a + I_b + I_c = 0$$

$$\begin{aligned} \lambda_{apc} &= \left(\frac{1}{2} + 2 \ln \frac{D_{pa}}{r} \right) I_a \times 10^{-7} \\ &= 2 \times 10^{-7} I_a \ln \frac{D_{pa}}{r'} \end{aligned}$$

Similarly,

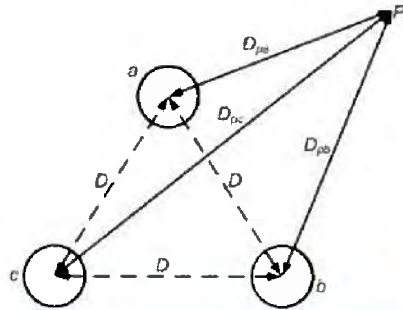
$$\begin{aligned} \lambda_{apb} &= 2 \times 10^{-7} I_b \ln \frac{D_{pb}}{D} \\ \lambda_{apc} &= 2 \times 10^{-7} I_c \ln \frac{D_{pc}}{D} \end{aligned}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

38

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Symmetrical Spacing)



$$\begin{aligned}\lambda_{apc} &= 2 \times 10^{-7} I_a \ln \frac{D_{pa}}{r'} \\ \lambda_{apb} &= 2 \times 10^{-7} I_b \ln \frac{D_{pb}}{D} \\ \lambda_{apc} &= 2 \times 10^{-7} I_c \ln \frac{D_{pc}}{D}\end{aligned}$$

$$\lambda_a = \lambda_{apc} + \lambda_{apb} + \lambda_{apc}$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{D_{pa}}{r'} + I_b \ln \frac{D_{pb}}{D} + I_c \ln \frac{D_{pc}}{D} \right)$$

Expanding,

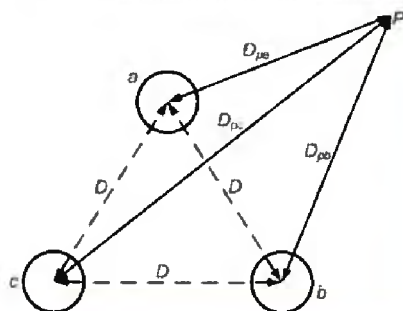
$$\begin{aligned}\lambda_a &= 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} + I_b \ln \frac{1}{D} + I_c \ln \frac{1}{D} \right. \\ &\quad \left. + I_a \ln D_{pa} + I_b \ln D_{pb} + I_c \ln D_{pc} \right)\end{aligned}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

39

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Symmetrical Spacing)



$$\begin{aligned}\lambda_a &= 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} + I_b \ln \frac{1}{D} + I_c \ln \frac{1}{D} \right. \\ &\quad \left. + I_a \ln D_{pa} + I_b \ln D_{pb} + I_c \ln D_{pc} \right)\end{aligned}$$

$$I_a + I_b + I_c = 0 \Rightarrow I_a = -I_b - I_c$$

$$\begin{aligned}\lambda_a &= 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} - I_a \ln \frac{1}{D} \right. \\ &\quad \left. + I_b \ln \frac{D_{pb}}{D_{pa}} + I_c \ln \frac{D_{pc}}{D_{pa}} \right)\end{aligned}$$

If point P far away, then we can approximate
 $D_{pa} \approx D_{pb} \approx D_{pc}$

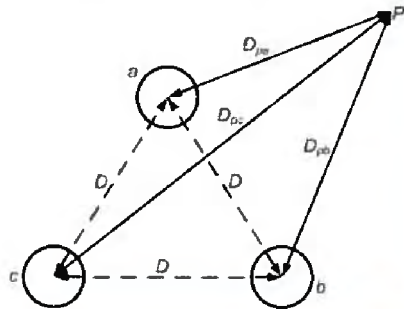
$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} - I_a \ln \frac{1}{D} \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

40

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Symmetrical Spacing)



$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} I_a \ln \frac{D}{r'}$$

Inductance of phase-a

$$L_a = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'}$$

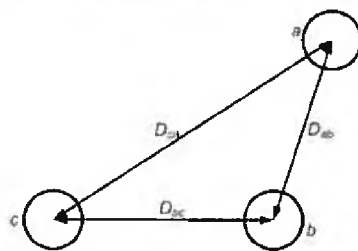
$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} - I_a \ln \frac{1}{D} \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

41

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Asymmetrical Spacing)



$$I_a + I_b + I_c = 0 \Rightarrow I_a = -I_b - I_c$$

$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} + I_b \ln \frac{1}{D_{ab}} + I_c \ln \frac{1}{D_{ca}} \right)$$

$$\lambda_b = 2 \times 10^{-7} \left(I_b \ln \frac{1}{r'} + I_a \ln \frac{1}{D_{ab}} + I_c \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

$$\lambda_c = 2 \times 10^{-7} \left(I_c \ln \frac{1}{r'} + I_a \ln \frac{1}{D_{ca}} + I_b \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} + I_b \ln \frac{1}{D} + I_c \ln \frac{1}{D} + I_a \ln D_{pa} + I_b \ln D_{pb} + I_c \ln D_{pc} \right)$$

$$\alpha = e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

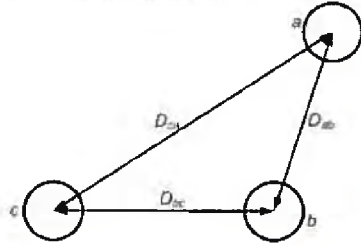
$$\alpha^2 = e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

42

Induktansia hosi Liña Three-Phase (Asymmetrical Spacing)



$$I_b = \alpha^2 I_a \text{ and } I_c = \alpha I_a$$

$$L_a = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + \alpha^2 \ln \frac{1}{D_{ab}} + \alpha \ln \frac{1}{D_{ca}} \right)$$

$$L_b = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + \alpha \ln \frac{1}{D_{ab}} + \alpha^2 \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

$$L_c = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + \alpha^2 \ln \frac{1}{D_{ca}} + \alpha \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{r'} + I_b \ln \frac{1}{D_{ab}} + I_c \ln \frac{1}{D_{ca}} \right)$$

$$\lambda_b = 2 \times 10^{-7} \left(I_b \ln \frac{1}{r'} + I_a \ln \frac{1}{D_{ab}} + I_c \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

$$\lambda_c = 2 \times 10^{-7} \left(I_c \ln \frac{1}{r'} + I_a \ln \frac{1}{D_{ca}} + I_b \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

43

Induktansia hosi Transpoin Liña Three-Phase (Espasu Asimétriku)



- Espasu asimétriku kauza flux linkages no induktansia ba kada phase sai diferenti.
- Ne'e rezulta iha voltajen lahanesan iha rohan.

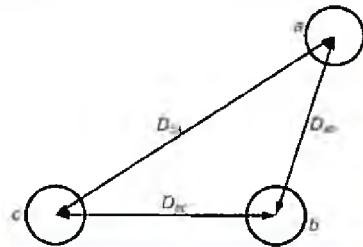


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

44

Induktansia hosi Transpoin Liña Three-Phase (Espasu Asimétriku)



$$L = \frac{L_a + L_b + L_c}{3}$$

Therefore

$$L = \frac{2 \times 10^{-7}}{3} \left[\ln \left(\frac{1}{r'} \right)^3 + (a + a^2) \left(\ln \frac{1}{D_{ab}} + \ln \frac{1}{D_{bc}} + \ln \frac{1}{D_{ca}} \right) \right]$$

$$L_a = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + a^2 \ln \frac{1}{D_{ab}} + a \ln \frac{1}{D_{ca}} \right)$$

$$L_b = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + a \ln \frac{1}{D_{ab}} + a^2 \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

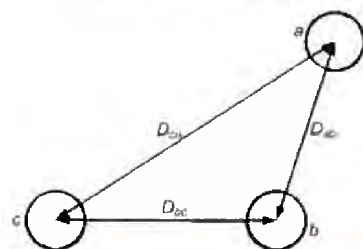
$$L_c = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + a^2 \ln \frac{1}{D_{ca}} + a \ln \frac{1}{D_{bc}} \right)$$

(8/6/2013)

JICA Eksp. Asisténsia Téknika

45

Induktansia hosi Transpoin Liña Three-Phase (Espasu Asimétriku)



$$a + a^2 = -1$$

$$L = \frac{2 \times 10^{-7}}{3} \left(3 \ln \frac{1}{r'} - \ln \frac{1}{D_{ab}} - \ln \frac{1}{D_{bc}} - \ln \frac{1}{D_{ca}} \right)$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} - \ln \frac{1}{(D_{ab} D_{bc} D_{ca})^{1/3}} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{(D_{ab} D_{bc} D_{ca})^{1/3}}{r'}$$

$$GMD = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{r'}$$

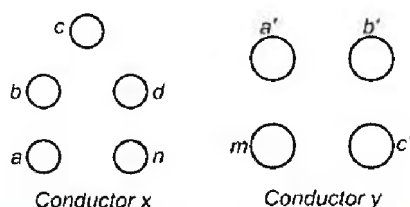
$$L = \frac{2 \times 10^{-7}}{3} \left[\ln \left(\frac{1}{r'} \right)^3 + (a + a^2) \left(\ln \frac{1}{D_{ab}} + \ln \frac{1}{D_{bc}} + \ln \frac{1}{D_{ca}} \right) \right]$$

(8/6/2013)

JICA Eksp. Asisténsia Téknika

46

Komposit Konduktore



$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{n} \left(\ln \frac{1}{r_x'} + \ln \frac{1}{D_{ab}} + \ln \frac{1}{D_{ac}} + \dots + \ln \frac{1}{D_{an}} \right) - 2 \times 10^{-7} \frac{I}{m} \left(\ln \frac{1}{D_{aa'}} + \ln \frac{1}{D_{ab'}} + \ln \frac{1}{D_{ac'}} + \dots + \ln \frac{1}{D_{an'}} \right)$$

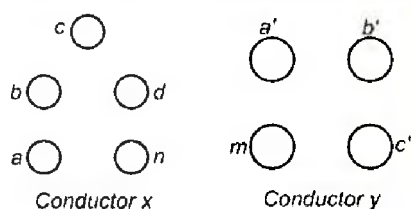
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

47

Komposit Konduktore

$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{n} \left(\ln \frac{1}{r_x'} + \ln \frac{1}{D_{ab}} + \ln \frac{1}{D_{ac}} + \dots + \ln \frac{1}{D_{an}} \right) - 2 \times 10^{-7} \frac{I}{m} \left(\ln \frac{1}{D_{aa'}} + \ln \frac{1}{D_{ab'}} + \ln \frac{1}{D_{ac'}} + \dots + \ln \frac{1}{D_{an'}} \right)$$



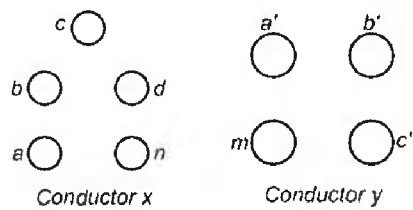
$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{\sqrt[n]{D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{an'}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

48

Komposit Konduktors



$$L_a = \frac{\lambda_a}{(l/n)}$$

$$= 2n \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[n]{D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{am'}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

Similarly,

$$L_b = 2n \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[n]{D_{ba'} D_{bb'} D_{bc'} \dots D_{bm'}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

$$L_c = 2n \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[n]{D_{ca'} D_{cb'} D_{cc'} \dots D_{cn'}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

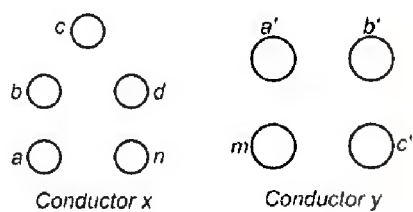
$$\lambda_a = 2 \times 10^{-7} l \ln \frac{\sqrt[n]{D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{am'}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

49

Komposit Konduktores



$$L_{av,x} = \frac{L_a + L_b + L_c + \dots + L_n}{n}$$

n strands ne'e eletrikamente paralelu:

$$L_a = \frac{\lambda_a}{(l/n)}$$

$$= 2n \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[n]{D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{am'}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

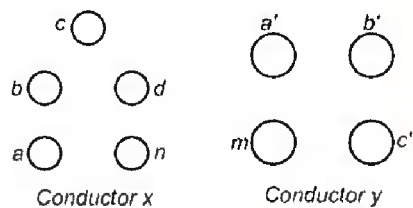
$$L_x = \frac{L_{av,x}}{n} = \frac{L_a + L_b + L_c + \dots + L_n}{n^2}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

50

Komposit Konduktore



$$L_a = \frac{\lambda_a}{(l/n)}$$

$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[n]{D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{an'}}}{\sqrt[n]{r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}}}$$

$$L_x = \frac{L_{ay,x}}{n} = \frac{L_a + L_b + L_c + \dots + L_n}{n^2}$$

Substituting the values of L_a, L_b etc.

$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_x}$$

Where,

$$GMD = \sqrt[n]{(D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{an'}) \dots (D_{na'} D_{nb'} D_{nc'} \dots D_{nn'})}$$

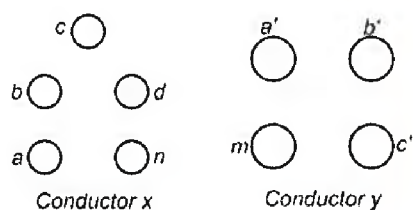
$$GMR_x = \sqrt[n]{(r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}) \dots (r_x' D_{na} D_{nb} \dots D_{nn-1})}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

51

Komposit Konduktore



$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_x}$$

Iha ne'ebe,

$$GMD = \sqrt[n]{(D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \dots D_{an'}) \dots (D_{na'} D_{nb'} D_{nc'} \dots D_{nn'})}$$

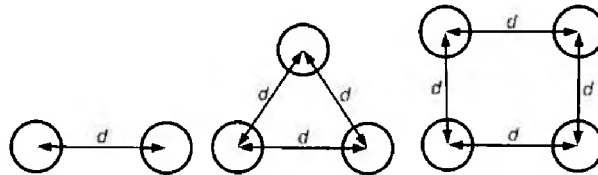
$$GMR_x = \sqrt[n]{(r_x' D_{ab} D_{ac} \dots D_{an}) \dots (r_x' D_{na} D_{nb} \dots D_{nn-1})}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

52

Bundled Konduktores



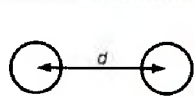
- Estra voltajen aas liñas corona kauza problemas hanesan enerjia lakon, interferensia, nst.
- Voltajen aas hamosu gradiente nebe redús konsideramente liuhosi koduktores rua ka liu.
- Ne'e mós redús induktansia hosi liñas liuhosi redús drop voltajen.

18/6/2013

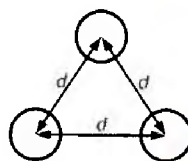
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

53

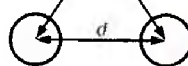
Bundled Kondktores



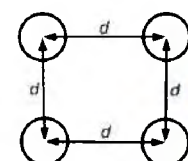
$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{D_{s,nb}} \quad \text{where } n=2,3 \dots$$



$$D_{s,2b} = \sqrt[4]{(D_s \times d)^2} = \sqrt{D_s \times d}$$



$$D_{s,3b} = \sqrt[3]{(D_s \times d \times d)^3} = \sqrt[3]{D_s \times d^2}$$



$$D_{s,4b} = \sqrt[4]{(D_s \times d \times d \times \sqrt{2}d)^4} = 1.094 \sqrt{D_s \times d^3}$$

Iha ne'ebe, D_s mak GMR hosi konduktor

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

54

Preview Liña Parametrus

- Rezisténsia
- Induktansia
 - Induktansia hosi single konduktor
 - Induktansia hosi liña three-phase (espasu simétriku, asimétriku, transpozisaun)
 - Komposit no bundled konduktor

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

55

Kapasitansia hosi Konduktor Rasik

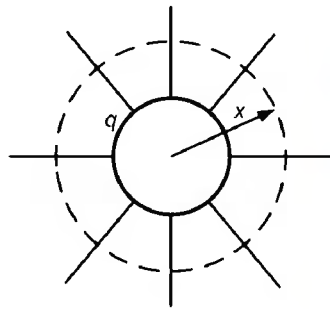
- Kapasitansia iha liña tranzmisaun mosu tanba diferença potencialidade entre konduktors.
- Konduktors hetan servisu iha dalan hanesan ho paraleru plates hosi kapasitor ida.
- Kapasitansia entre paraleru konduktors rua depende ba medida no espasu entre konduktors.
- Baibain kapasitansia deskuida ba liña tranzmisaun nebe naruk menus hosi 80 km (50 miles).
- Maibe kapasitansia sai importante ba liñas narukliu ho voltajen aasliu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

56

Kapasitansia hosi Konduktor Rasik



$$C = \frac{q}{V}$$

$$D = \frac{q}{A} = \frac{q}{2\pi x}$$

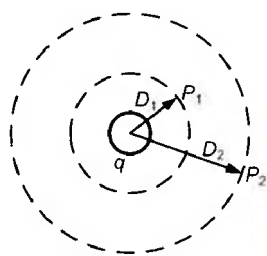
$$E = \frac{q}{2\pi x \epsilon_0}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

57

Kapasitansia hosi Konduktor Rasik



$$E = \frac{q}{2\pi x \epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{2\pi x \epsilon_0}$$

$$V_{12} = \int_{D_1}^{D_2} E dx$$

$$= \int_{D_1}^{D_2} \frac{q}{2\pi x \epsilon_0} dx$$

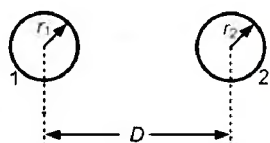
$$= \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

58

Kapasitansia hosi liña Single-Phase ida



Mai ita asume ne'e konduktor 1 lori karga hosi q_1 C/m bainhira konduktor 2 lori karga q_2 C/m.

$D \gg r_1$ no r_2 no influénsia ground mós deskuida.

$$V_{12} = \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

$$V_{12}(q_1) = \frac{q_1}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D}{r_1}$$

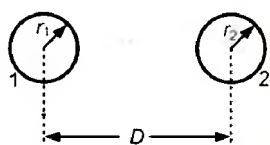
$$V_{12}(q_2) = \frac{q_2}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{r_2}{D}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

59

Kapasitansia hosi Liña Single-Phase



Let principle of superposition

$$V_{12} = V_{12}(q_1) + V_{12}(q_2)$$

$$= \frac{q_1}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D}{r_1} + \frac{q_2}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{r_2}{D}$$

Assume that $q_1 (= -q_2)$ is equal to q

$$V_{12}(q_1) = \frac{q_1}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D_2}{r_1}$$

$$V_{12}(q_2) = \frac{q_2}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{r_2}{D}$$

$$V_{12} = \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D}{r_1} - \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{r_2}{D}$$

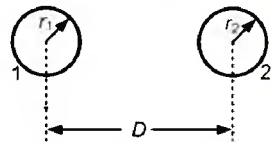
$$= \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D^2}{r_1 r_2}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

60

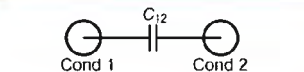
Kapasitansia hosi Liña Single-Phase



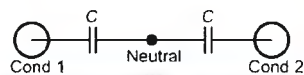
Assuming $r_1 = r_2 = r$

$$V_{12} = \frac{q}{\pi \epsilon_0} \ln \frac{D}{r}$$

$$C_{12} = \frac{\pi \epsilon_0}{\ln(D/r)}$$



Kapasitansia define entre konduktor
no neutru



$$V_{12} = \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \frac{D^2}{r_1 r_2}$$

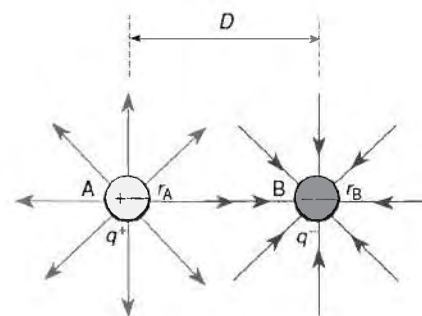
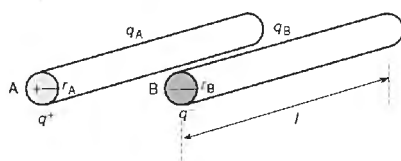
$$C = 2C_{12} = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln(D/r)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

61

Kapasitansia hosi Liña Single-Phase



$$V_{AB-A} = \int_{r_A}^D E_A dx = \frac{q}{2\pi \epsilon_0} \ln \left[\frac{D}{r_A} \right]$$

$$V_{AB-B} = \int_D^{r_B} E_B dx = \frac{-q}{2\pi \epsilon_0} \ln \left[\frac{r_B}{D} \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

62

Kapasitansia hosi Liña Single-Phase

The total voltage is the sum of the generated voltages V_{AB-A} and V_{AB-B}

$$V_{AB} = V_{AB-A} + V_{AB-B} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln\left[\frac{D}{r_A}\right] - \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln\left[\frac{r_B}{D}\right]$$

$$= \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln\left[\frac{D^2}{r_A r_B}\right]$$

If the conductors have the same radius, $r_A = r_B = r$,

$$V_{AB} = \frac{q}{\pi\epsilon_0} \ln\left[\frac{D}{r}\right] \text{ (V)}$$

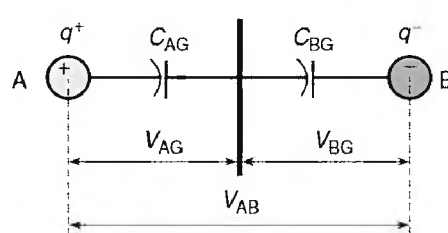
$$C_{AB} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln\left[\frac{D}{r}\right]} \text{ (F/m)}$$

18/6/2013

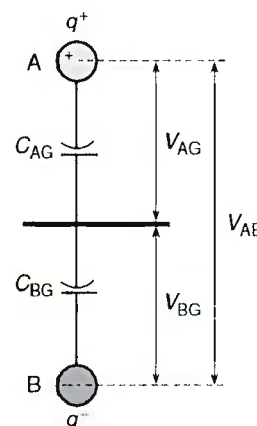
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

63

Phase ba Kapasitansia Neutru hosi Liña Single-Phase



$$C_{AG} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln\left[\frac{D}{r}\right]} \text{ (F/m)}$$



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

64

VAB tanba karga QA

$$V_{AB-A} = \int_{r_A}^{D_{AB}} \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0 x} dx = \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{AB}}{r_A}$$

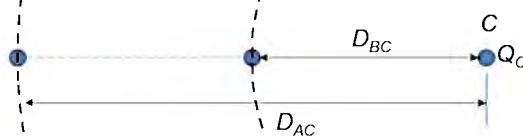
18/6/2013 JICA Ekpa Asisténsia Tékniku 65

VAB tanba karga QB

$$V_{AB-B} = \int_{D_{AB}}^{r_B} \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0 x} dx = \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_B}{D_{AB}}$$

18/6/2013 JICA Ekpa Asisténsia Tékniku 66

VAB tanba karga QB



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

67

Diferensa Voltajen entre Konduktor A no B

$$V_{AB_A} = \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{AB}}{r_A} \quad V_{AB_B} = \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_B}{D_{AB}} \quad V_{AB_C} = \frac{Q_C}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{AB}}{D_{AC}}$$

Uza prinsípiu hosi superpozisaun

$$\begin{aligned} V_{AB} &= V_{AB_A} + V_{AB_B} + V_{AB_C} \\ &= \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{AB}}{r_A} + \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_B}{D_{AB}} + \frac{Q_C}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{BC}}{D_{AC}} \end{aligned}$$

hanesan,

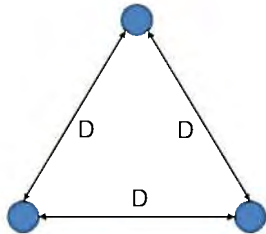
$$V_{AC} = \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{AC}}{r_A} + \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{BC}}{D_{AB}} + \frac{Q_C}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_C}{D_{AC}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

68

Espasu Simétriku



$$V_{AB} = \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D}{r} + \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{D} + \frac{Q_C}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D}{D}$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left(Q_A \ln \frac{D}{r} + Q_B \ln \frac{r}{D} \right)$$

$$V_{AC} = \frac{Q_A}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D}{r} + \frac{Q_B}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D}{D} + \frac{Q_C}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{D}$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left(Q_A \ln \frac{D}{r} + Q_C \ln \frac{r}{D} \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

69

Voltajen Phase

$$V_{AB} = \sqrt{3} V_{AN} \angle 30^\circ \text{ and } V_{AC} = -V_{CA} = \sqrt{3} V_{AN} \angle -30^\circ;$$

Therefore, V_{AN} can be expressed in terms of V_{AB} and V_{AC} as

$$V_{AN} = \frac{V_{AB} + V_{AC}}{3}$$

substituting V_{AB} and V_{AC}

$$V_{AN} = \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \left[\left[q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{r}{D} \right] \right] + \left[q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] + q_C \ln \left[\frac{r}{D} \right] \right] \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

70

Kapasitansia hosi Liña Simétriku Three-Phase

$$V_{AN} = \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \left[\left[q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{r}{D} \right] \right] + \left[q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] + q_C \ln \left[\frac{r}{D} \right] \right] \right]$$

$$= \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \left[2q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] + (q_B + q_C) \ln \left[\frac{r}{D} \right] \right] \text{ (V)}$$

Under balanced conditions $q_A + q_B + q_C = 0$, or $-q_A = (q_B + q_C)$

$$= \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \left[2q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] - q_A \ln \left[\frac{r}{D} \right] \right] \text{ (V)}$$

$$V_{AN} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] \text{ (V)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

71

Kapasitansia hosi Liña Simétriku Three-Phase

$$V_{AN} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} q_A \ln \left[\frac{D}{r} \right] \text{ (V)}$$

The capacitance per unit length between phase A and neutral

$$C_{AN} = \frac{q_A}{V_{AN}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \left[\frac{D}{r} \right]} \text{ (F/m)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

72

Liña Tranzmisaun Asimétriku Three-Phase

V_{AB} on the first, second, and third section of the transposed line

$$V_{AB \text{ first}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{AB}}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{r}{D_{AB}} \right] + q_C \ln \left[\frac{D_{AB}}{D_{AC}} \right] \right] \text{ (V)}$$

$$V_{AB \text{ second}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{BC}}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{r}{D_{BC}} \right] + q_C \ln \left[\frac{D_{AC}}{D_{AB}} \right] \right] \text{ (V)}$$

$$V_{AB \text{ third}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{AC}}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{r}{D_{AC}} \right] + q_C \ln \left[\frac{D_{AB}}{D_{BC}} \right] \right] \text{ (V)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

73

Liña Tranzmisaun Asimétriku Three-Phase

Similarly, the expressions for V_{AC} on the first, second, and third section of the transposed line

$$V_{AC \text{ first}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{AC}}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{D_{BC}}{D_{AB}} \right] + q_C \ln \left[\frac{r}{D_{AC}} \right] \right]$$

$$V_{AC \text{ second}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{AB}}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{D_{AC}}{D_{BC}} \right] + q_C \ln \left[\frac{r}{D_{AB}} \right] \right]$$

$$V_{AC \text{ third}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{BC}}{r} \right] + q_B \ln \left[\frac{D_{AB}}{D_{AC}} \right] + q_C \ln \left[\frac{r}{D_{BC}} \right] \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

74

Liña Tranzmisaun Asimétriku Three-Phase

$$V_{AB \text{ transp}} = \frac{V_{AB \text{ first}} + V_{AB \text{ second}} + V_{AB \text{ third}}}{3}$$

$$= \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{AB} D_{AC} D_{BC}}{r^3} \right] + q_B \ln \left[\frac{r^3}{D_{AB} D_{AC} D_{BC}} \right] + q_C \ln \left[\frac{D_{AC} D_{AC} D_{BC}}{D_{AC} D_{AC} D_{BC}} \right] \right] (V)$$

$$V_{AC \text{ transp}} = \frac{V_{AC \text{ first}} + V_{AC \text{ second}} + V_{AC \text{ third}}}{3}$$

$$= \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \left[q_A \ln \left[\frac{D_{AB} D_{AC} D_{BC}}{r^3} \right] + q_B \ln \left[\frac{D_{AC} D_{AC} D_{BC}}{D_{AB} D_{AC} D_{BC}} \right] + q_C \ln \left[\frac{r^3}{D_{AC} D_{AC} D_{BC}} \right] \right] (V)$$

the phase-to-neutral voltage V_{AN} (phase voltage) is

$$V_{AN \text{ transp}} = \frac{V_{AB \text{ transp}} + V_{AC \text{ transp}}}{3}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

75

Kapasitansia hosi Liña Tranzmisaun Asimétriku Three-Phase

$$V_{AN \text{ transp}} = \frac{V_{AB \text{ transp}} + V_{AC \text{ transp}}}{3}$$

$$= \frac{1}{18\pi\epsilon_0} \left[2 q_A \ln \left[\frac{D_{AB} D_{AC} D_{BC}}{r^3} \right] + (q_B + q_C) \ln \left[\frac{r^3}{D_{AB} D_{AC} D_{BC}} \right] \right]$$

For a balanced system where $-q_A = (q_B + q_C)$

$$V_{AN \text{ transp}} = \frac{1}{6\pi\epsilon_0} q_A \ln \left[\frac{D_{AB} D_{AC} D_{BC}}{r^3} \right]$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} q_A \ln \left[\frac{\text{GMD}}{r} \right] (V)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

76

Kapasitansia hosi Liña Tranzmisaun Asimétriku Three-Phase

Finally, the capacitance and capacitive reactance, per unit length, from phase to neutral

$$C_{AN \text{ transp}} = \frac{q_A}{V_{AN \text{ transp}}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln\left[\frac{GMD}{r_c}\right]} \text{ (F/m)}$$

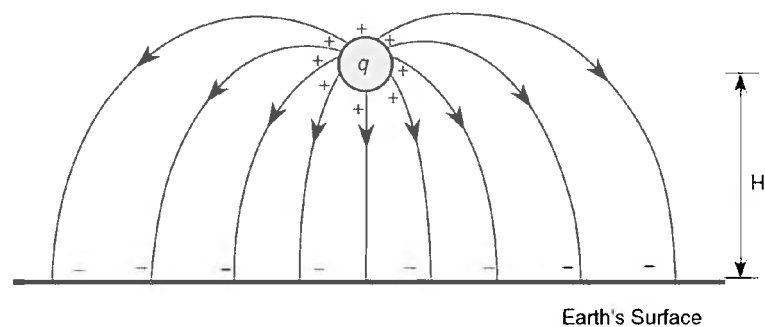
$$X_{AN \text{ transp}} = \frac{1}{2\pi f C_{AN \text{ transp}}} = \frac{1}{4\pi f \epsilon_0} \ln\left[\frac{GMD}{r_c}\right] \text{ } (\Omega/\text{m})$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

77

Efek hosi Rai sobre Kapasitansia

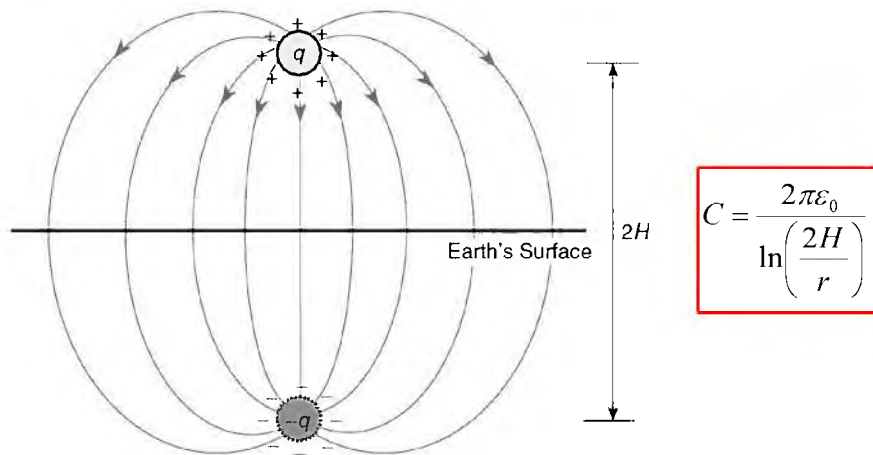


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

78

Efek hosi Rai sobre Kapasitansia

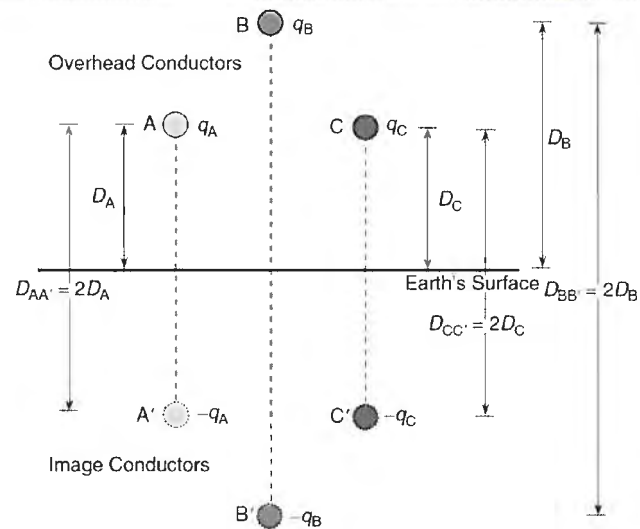


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

79

Efek hosi Rai sobre Kapasitansia

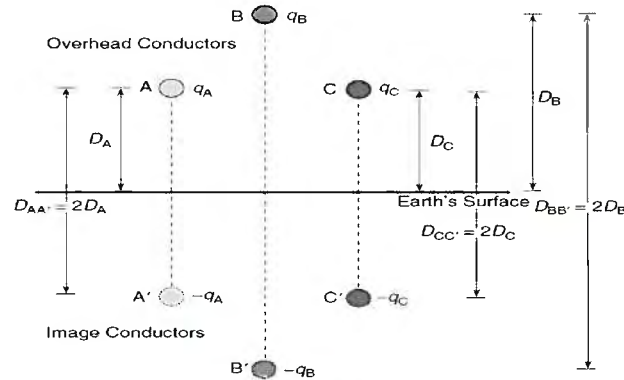


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

80

Liña Three-Phase



$$V_{AB} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[\begin{aligned} & q_A \ln \left[\frac{D_{AB}}{r_A} \right] + q_B \ln \left[\frac{r_B}{D_{AB}} \right] + q_C \ln \left[\frac{D_{BC}}{D_{AC}} \right] - \\ & -q_A \ln \left[\frac{D_{AB'}}{D_{AA'}} \right] - q_B \ln \left[\frac{D_{BB'}}{D_{AB'}} \right] - q_C \ln \left[\frac{D_{BC'}}{D_{AC'}} \right] \end{aligned} \right] \quad (V)$$

18/6/2013

81

Liña Simétriku Three Phase

$$V_{AB} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[\begin{aligned} & q_A \ln \left[\frac{D_{AB}}{r_A} \right] + q_B \ln \left[\frac{r_B}{D_{AB}} \right] + q_C \ln \left[\frac{D_{BC}}{D_{AC}} \right] - \\ & -q_A \ln \left[\frac{D_{AB'}}{D_{AA'}} \right] - q_B \ln \left[\frac{D_{BB'}}{D_{AB'}} \right] - q_C \ln \left[\frac{D_{BC'}}{D_{AC'}} \right] \end{aligned} \right] \quad (V)$$

$$r = r_A = r_B = r_C \quad D = D_{AB} = D_{BC} = D_{CA}$$

$$V_{AB} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \left(\ln \left[\frac{D}{r} \right] - \ln \left[\frac{D_{AB'}}{D_{AA'}} \right] \right) + q_B \left(\ln \left[\frac{r}{D} \right] - \ln \left[\frac{D_{BB'}}{D_{AB'}} \right] \right) - q_C \ln \left[\frac{D_{BC'}}{D_{AC'}} \right] \right] \quad (V)$$

Similarly,

$$V_{AC} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \left(\ln \left[\frac{D}{r} \right] - \ln \left[\frac{D_{CA'}}{D_{AA'}} \right] \right) - q_B \ln \left[\frac{D_{CB'}}{D_{AB'}} \right] + q_C \left(\ln \left[\frac{r}{D} \right] - \ln \left[\frac{D_{CC'}}{D_{AC'}} \right] \right) \right] \quad (V)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

82

Kapasitansia hosi Liña Simétriku Three Phase

The phase voltage V_{AN}

$$V_{AN} = \frac{V_{AB} + V_{AC}}{3}$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} q_A \left(\ln \left[\frac{D}{r} \right] - \ln \left[\frac{\sqrt[3]{D_{AB'} D_{BC'} D_{CA'}}}{\sqrt[3]{D_{AA'} D_{BB'} D_{CC'}}} \right] \right) \text{ (V)}$$

Therefore, the phase capacitance C_{AN} , per unit length, is

$$C_{AN} = \frac{q_A}{V_{AN}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \left[\frac{D}{r} \right] - \ln \left[\frac{\sqrt[3]{D_{AB'} D_{BC'} D_{CA'}}}{\sqrt[3]{D_{AA'} D_{BB'} D_{CC'}}} \right]} \text{ (F/m)}$$

$$V_{AC} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[q_A \left(\ln \left[\frac{D}{r} \right] - \ln \left[\frac{D_{CA'}}{D_{AA'}} \right] \right) - q_B \ln \left[\frac{D_{CB'}}{D_{AB'}} \right] + q_C \left(\ln \left[\frac{r}{D} \right] - \ln \left[\frac{D_{CC'}}{D_{AC'}} \right] \right) \right] \text{ (V)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

83

VI. SISTEMA DISTRIBUISAUN NO TRANZMISAUN

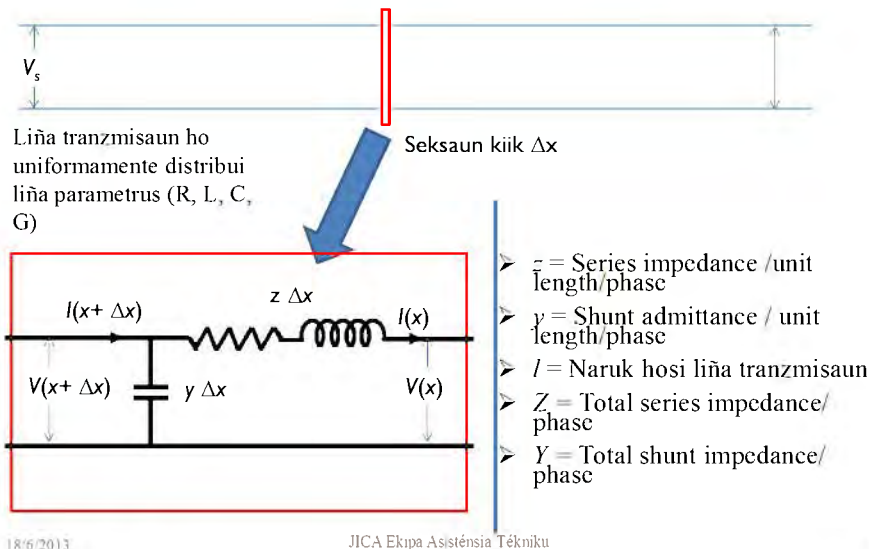
LALA'OK HOSI LIÑA TRANZMISAUN (LIÑA PARAMETRUS-PARTE 2)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

84

Distributed no Lumped Parameterus



Modelus Liña Tranzmisaun

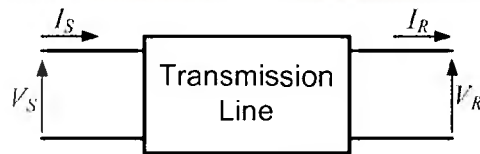
- **Liña badak:** Durasau menus hosi 80 km.
 - Deskuida shunt admittance
 - Modelu parametru lumped
- **Liña médiu:** Durasau entre 80 km to'o 250 km.
 - Shunt admittance presiza konsidera
 - Modelu parametru lumped
 - Modelu nominal π
 - Modelu nominal T
- **Liña naruk:** Durasau naruk hosi 250 km.
 - Distributed modelu parametru
 - Importante efek shunt admittance
 - Ekivalente π ka ekivalente T bele hatun

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

86

Liña Tranzmisaun hosi Parametrus ABCD



$$V_S = AV_R + BI_R$$

$$I_S = CV_R + DI_R$$

Matrix Format

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$$A = \left. \frac{V_S}{V_R} \right|_{I_R=0} \quad C = \left. \frac{I_S}{V_R} \right|_{I_R=0}$$

$$B = \left. \frac{V_S}{I_R} \right|_{V_R=0} \quad D = \left. \frac{I_S}{I_R} \right|_{V_R=0}$$

$$AD - BC = 1$$

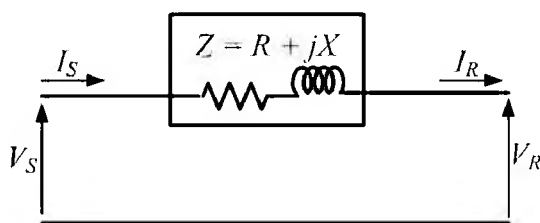
$$A = D$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

87

Liña Tranzmisaun Badak



$$V_S = V_R + ZI_R$$

$$I_S = I_R$$

Matrix Format

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

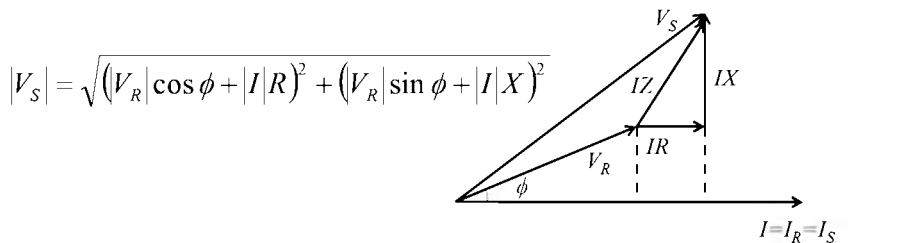
$$A=1, B=Z, C=0, D=1$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

88

Liña Tranzmisaun Badak hosi Regulasaun



$$|V_S| = \sqrt{(|V_R| \cos \phi + |I|R)^2 + (|V_R| \sin \phi + |I|X)^2}$$

$$V_S = \sqrt{V_R^2 \cos^2 \phi + I^2 R^2 + 2|V_R||I|R \sin \phi + V_R^2 \sin^2 \phi + I^2 X^2 + 2|V_R||I|X \sin \phi}$$

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + 2V_R IR \sin \phi + 2V_R IX \sin \phi + I^2 (R^2 + X^2)}$$

$$V_S = V_R \sqrt{1 + \frac{2IR \sin \phi}{V_R} + \frac{2IX \sin \phi}{V_R} + \frac{I^2 (R^2 + X^2)}{V_R^2}} \quad \leftarrow \text{Small quantity}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

89

Liña Tranzmisaun Badak hosi Regulasaun

$$V_S = V_R \sqrt{1 + \left(\frac{2IR \sin \phi}{V_R} + \frac{2IX \sin \phi}{V_R} \right)}$$

$$V_S = V_R \left(1 + \frac{IR \sin \phi}{V_R} + \frac{IX \sin \phi}{V_R} \right)$$

$$V_S = V_R + IR \sin \phi + IX \sin \phi$$

$$\text{Regulation} = \frac{|V_S| - |V_R|}{V_R}$$

$$\text{Regulation} = \frac{|I|R \sin \phi}{V_R} + \frac{|I|X \sin \phi}{V_R}$$

$$\sqrt{1+x} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (2n)!}{(1-2n)(n!)^2 4^n}$$

$$= 1 + \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} + \frac{x^3}{16} + \dots$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

90

Liña Tranzmisaun Médiu

➤ Liñas tranzmisaun médiu modeladu ho lumped series impedance no shunt admittance.

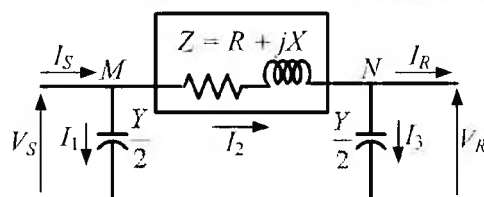
- Representasaun Nominal π
- Representasaun Nominal T

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

91

Representasaun Nominal π



$$\begin{aligned} V_s &= ZI_2 + V_R = Z\left(V_R \frac{Y}{2} + I_R\right) + V_R \\ &= \left(\frac{YZ}{2} + 1\right)V_R + ZI_R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_s &= I_1 + I_2 = I_1 + I_3 + I_R \\ &= \frac{Y}{2}V_s + \frac{Y}{2}V_R + I_R \\ I_s &= \frac{Y}{2}\left[\left(\frac{YZ}{2} + 1\right)V_R + ZI_R\right] + \frac{Y}{2}V_R + I_R \\ &= Y\left(\frac{YZ}{4} + 1\right)V_R + \left(\frac{YZ}{2} + 1\right)I_R \end{aligned}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

92

Reprezentasaun Nominal π

$$V_s = \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right) V_R + Z I_R$$

$$I_s = Y \left(\frac{YZ}{4} + 1 \right) V_R + \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right) I_R$$

Tan ne'e parametru A, B, C, D

$$A = D = \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right)$$

$$B = Z \Omega$$

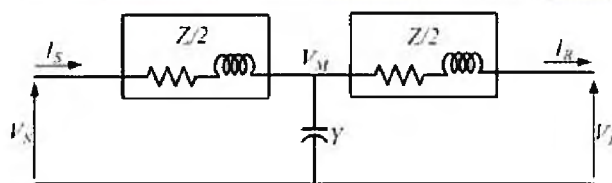
$$C = Y \left(\frac{YZ}{4} + 1 \right) \text{mho}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

93

Reprezentasaun Nominal T



$$V_M = V_R + \frac{Z}{2} I_R \text{ and } I_M = Y V_M$$

$$V_s = V_R + \frac{Z}{2} I_R + \frac{Z}{2} \left(Y \left(V_R + \frac{Z}{2} I_R \right) + I_R \right)$$

$$V_s = \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right) V_R + Z \left(\frac{YZ}{4} + 1 \right) I_R$$

$$I_s = Y V_M + I_R$$

$$= Y V_R + \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right) I_R$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

94

Reprezentasaun Nominal T

$$V_s = \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right) V_R + Z \left(\frac{YZ}{4} + 1 \right) I_R$$

$$I_s = YV_R + \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right) I_R$$

Tan ne'e parametru A, B, C, D

$$A = D = \left(\frac{YZ}{2} + 1 \right)$$

$$B = Z \left(\frac{YZ}{4} + 1 \right) \Omega$$

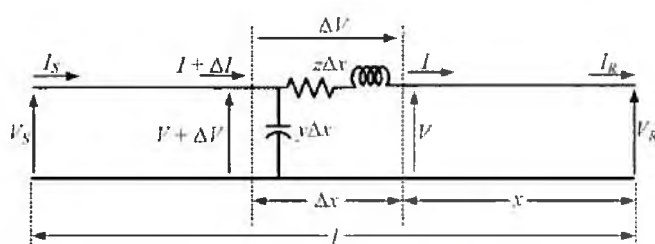
$$C = Y \text{ mho}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

95

Modelu Liña Naruk



$$\Delta V = lz \Delta x \Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta x} = lz \quad \xrightarrow{\Delta x \rightarrow 0} \quad \frac{dV}{dx} = lz$$

$$\Delta I = (V + \Delta V)y \Delta x = Vy \Delta x + \Delta Vy \Delta x \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta x} = Vy \quad \xrightarrow{\Delta x \rightarrow 0} \quad \frac{dI}{dx} = Vy$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

96

Modelu Liña Naruk

$$\frac{dV}{dx} = lz$$

And

$$\frac{dl}{dx} = Vy$$

Again differentiating with respect to x

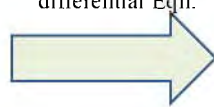


$$\frac{d}{dx} \left(\frac{dV}{dx} \right) = z \frac{dl}{dx}$$



$$\frac{d^2V}{dx^2} - yzV = 0$$

Solution of the differential Eqn.



$$V = A_1 e^{x\sqrt{yz}} + A_2 e^{-x\sqrt{yz}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

97

Modelu Liña Naruk

$$V = A_1 e^{x\sqrt{yz}} + A_2 e^{-x\sqrt{yz}}$$

Differentiating with respect to x



$$\frac{dV}{dx} = A_1 \sqrt{yz} e^{x\sqrt{yz}} - A_2 \sqrt{yz} e^{-x\sqrt{yz}}$$

We know that

$$\frac{dV}{dx} = lz$$

Therefore

$$l = \frac{1}{z} \left(\frac{dV}{dx} \right) = \frac{A_1}{\sqrt{z/y}} e^{x\sqrt{yz}} - \frac{A_2}{\sqrt{z/y}} e^{-x\sqrt{yz}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

98

Modelu Liña Naruk

$$V = A_1 e^{x\sqrt{yz}} + A_2 e^{-x\sqrt{yz}}$$

$$I = \frac{1}{z} \left(\frac{dV}{dx} \right) = \frac{A_1}{\sqrt{z/y}} e^{x\sqrt{yz}} - \frac{A_2}{\sqrt{z/y}} e^{-x\sqrt{yz}}$$

$\gamma = \sqrt{yz}$ which is called the **propagation constant**

$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} \Omega$ which is called the **characteristic impedance**

$$V = A_1 e^{x\sqrt{yz}} + A_2 e^{-x\sqrt{yz}}$$

$$I = \frac{A_1}{Z_c} e^{x\sqrt{yz}} - \frac{A_2}{Z_c} e^{-x\sqrt{yz}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asistència Tècnica

99

Modelu Liña Naruk

$$V = A_1 e^{x\sqrt{yz}} + A_2 e^{-x\sqrt{yz}} \quad \text{And} \quad I = \frac{A_1}{Z_c} e^{x\sqrt{yz}} - \frac{A_2}{Z_c} e^{-x\sqrt{yz}}$$

At $x = 0$.

$V = V_R$ and $I = I_R$

$$V_R = A_1 + A_2$$

$$I_R = \frac{A_1}{Z_c} - \frac{A_2}{Z_c}$$

Solving for A_1 and A_2

$$A_1 = \frac{V_R + Z_c I_R}{2} \quad \text{and} \quad A_2 = \frac{V_R - Z_c I_R}{2}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asistència Tècnica

100

Modelu Liña Naruk

Ita interese iha kondisoens terminál: $x = l$ ita iha $V = V_S$ no $I = I_S$

$$V_S = \frac{V_R + Z_C I_R}{2} e^{\gamma l} + \frac{V_R - Z_C I_R}{2} e^{-\gamma l}$$

$$I_S = \frac{V_R / Z_C + I_R}{2} e^{\gamma l} - \frac{V_R / Z_C - I_R}{2} e^{-\gamma l}$$



$$V_S = \left(\frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} \right) V_R + Z_C \left(\frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2} \right) I_R$$

$$I_S = \frac{1}{Z_C} \left(\frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2} \right) V_R + \left(\frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} \right) I_R$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

101

Modelu Liña Naruk

$$V_S = \left(\frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} \right) V_R + Z_C \left(\frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2} \right) I_R$$

$$I_S = \frac{1}{Z_C} \left(\frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2} \right) V_R + \left(\frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} \right) I_R$$



$$\frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2} = \sinh \gamma l \quad \text{and} \quad \frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} = \cosh \gamma l$$

$$V_S = \cosh(\gamma l) V_R + Z_C \sinh(\gamma l) I_R$$

$$I_S = \frac{1}{Z_C} \sinh(\gamma l) V_R + \cosh(\gamma l) I_R$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

102

Modelu Liña Naruk

$$V_S = \cosh(\gamma l) V_R + Z_C \sinh(\gamma l) I_R$$

$$I_S = \frac{1}{Z_C} \sinh(\gamma l) V_R + \cosh(\gamma l) I_R$$

Liña tranzmisaun naruk hosi parametru ABCD

$$A = D = \cosh \gamma l$$

$$B = Z_C \sinh \gamma l$$

$$C = \frac{\sinh \gamma l}{Z_C}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

103

Metodu atu Evalua Funsoens Hyperbolic hosi Numeru Kompleksu

$$\gamma l = \alpha l + j\beta l$$

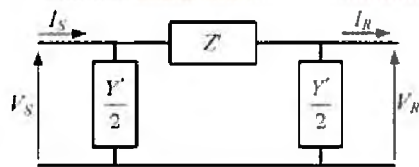
1	$\cosh(\alpha l + j\beta l) = \cosh(\alpha l) \cos(\beta l) + j \sinh(\alpha l) \sin(\beta l)$ $\sinh(\alpha l + j\beta l) = \sinh(\alpha l) \cos(\beta l) + j \cosh(\alpha l) \sin(\beta l)$
2	$\cosh(\gamma l) = 1 + \frac{\gamma^2 l^2}{2!} + \frac{\gamma^4 l^4}{4!} + \dots \approx \left(1 + \frac{YZ}{2}\right)$ $\sinh(\gamma l) = \gamma l + \frac{\gamma^3 l^3}{3!} + \frac{\gamma^5 l^5}{5!} + \dots \approx \sqrt{YZ} \left(1 + \frac{YZ}{6}\right)$
3	$\cosh(\alpha l + j\beta l) = \frac{e^{\alpha l} e^{j\beta l} + e^{-\alpha l} e^{-j\beta l}}{2} = \frac{1}{2} (e^{\alpha l} \angle \beta l + e^{-\alpha l} \angle -\beta l)$ $\sinh(\alpha l + j\beta l) = \frac{e^{\alpha l} e^{j\beta l} - e^{-\alpha l} e^{-j\beta l}}{2} = \frac{1}{2} (e^{\alpha l} \angle \beta l - e^{-\alpha l} \angle -\beta l)$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Téknika

104

Reprezentasaun Equivalenti π hosi Liña Tranzmisaun Naruk



$$A = D = \left(\frac{Y'Z'}{2} + 1 \right)$$

$$B = Z'\Omega$$

$$C = Y' \left(\frac{Y'Z'}{4} + 1 \right) \text{ mho}$$

$$A = D = \cosh \gamma l$$

$$B = Z_C \sinh \gamma l$$

$$C = \frac{\sinh \gamma l}{Z_C}$$

Comparing the ABCD parameters compute Z' and $Y'/2$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

105

Reprezentasaun Equivalenti π hosi Liña Tranzmisaun Naruk

$$A = D = \cosh \gamma l$$

$$B = Z_C \sinh \gamma l$$

$$C = \frac{\sinh \gamma l}{Z_C}$$

Compare

$$A = D = \left(\frac{Y'Z'}{2} + 1 \right)$$

$$B = Z'\Omega$$

$$C = Y' \left(\frac{Y'Z'}{4} + 1 \right) \text{ mho}$$

$$Z' = Z_C \sinh \gamma l = \sqrt{\frac{Z}{Y}} \sinh \gamma l = Z l \frac{\sinh \gamma l}{l \sqrt{YZ}} = Z \frac{\sinh \gamma l}{\gamma l}$$

$$\tanh \left(\frac{1}{2} x \right) = \frac{\cosh x - 1}{\sinh x}$$

$$\cosh \gamma l = \frac{Y'Z'}{2} + 1 = \frac{Y'}{2} Z_C \sinh \gamma l + 1$$

Rearranging for $Y'/2$

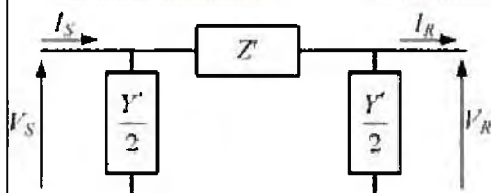
$$\frac{Y'}{2} = \frac{1}{Z_C} \frac{\cosh \gamma l - 1}{\sinh \gamma l} = \frac{1}{Z_C} \tanh \left(\frac{\gamma l}{2} \right) = \sqrt{\frac{Y}{Z}} \tanh \left(\frac{\gamma l}{2} \right) = \frac{\gamma l \tanh \left(\frac{\gamma l}{2} \right)}{2 (l/2) \sqrt{YZ}} = \frac{Y \tanh \left(\frac{\gamma l}{2} \right)}{2 (\gamma l/2)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

106

Reprezentasaun Ekivalente π hosi Liña Tranzmisaun Naruk



$$Z' = Z \frac{\sinh \gamma l}{\gamma l}$$

$$\frac{Y'}{2} = \frac{Y \tanh(\gamma l/2)}{(\gamma l/2)}$$

Length (km)	Lumped Parameters		Distributed Parameters	
	$Z(\Omega)$	$Y(\text{mho})$	$Z(\Omega)$	$Y(\text{mho})$
100	$52.41 < 79^\circ$	$3.17 \times 10^{-4} < 90^\circ$	$52.27 < 79^\circ$	$3.17 \times 10^{-4} < 89.98^\circ$
250	$131.032 < 79^\circ$	$7.93 \times 10^{-4} < 90^\circ$	$128.81 < 79.2^\circ$	$8.0 \times 10^{-4} < 89.9^\circ$
500	$262.064 < 79^\circ$	$1.58 \times 10^{-3} < 90^\circ$	$244.61 < 79.8^\circ$	$1.64 \times 10^{-3} < 89.6^\circ$

For impedance $(z) = 0.1 + j 0.51 \Omega/\text{km}$ and admittance $(y) = j 3.17 \times 10^{-6} \text{ mho}/\text{km}$

18/6/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

107

Ferranti Effect

- Iha liñas tranzmisaun naruk no fiu sira, voltajen receiving end sai bootliu duké sending end durante kondisoens no-load ka light load. Efek idane'e koñesidu hanesan *Ferranti effect*.
- Ne'e mosu tanba korenti karega aas.

$$V_S = \cosh(\gamma l) V_R + Z_C \sinh(\gamma l) I_R$$

$$I_R = 0 \Rightarrow V_S = \cosh(\gamma l) V_R$$

$$\text{Therefore } V_R = \frac{V_S}{\cosh(\gamma l)}$$

- Tan ne'e V_R sei bootliu nafatin duké zero (durante laiha karga).
- Valor atual depende ba L , C no l .

18/6/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

108

Lossless Liña Tranzmisaun

$$V_x = \cosh(\gamma x) V_R + Z_C \sinh(\gamma x) I_R$$

Iha liña loss less, rezisténsia assume sai zero

$$Z_C = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{j\omega C}}$$

$$R = 0 \Rightarrow Z_C = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\gamma x = \alpha x + j\beta x \Rightarrow \gamma x = j\beta x$$

$$\begin{aligned} \cosh(\alpha l + j\beta l) &= \cosh(\alpha l) \cos(\beta l) \\ &\quad + j \sinh(\alpha l) \sin(\beta l) \\ \sinh(\alpha l + j\beta l) &= \sinh(\alpha l) \cos(\beta l) \\ &\quad + j \cosh(\alpha l) \sin(\beta l) \end{aligned}$$

$$V_x = \cos(\beta x) V_R + jZ_C \sin(\beta x) I_R$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

109

Surge Impedance Loading

- *Characteristic impedance* hosi liña ida mós bolu hanesan *surge impedance* ba kazu espesial hosi liña loss less.

$$Z_C = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad SIL = P_{\pi} = \frac{V_0^2}{Z_C}$$

- Termu **surge impedance loading** ka **SIL** beibeik uza atu indika kapasidade nominál hosi liña.
- Termu **SIL** ka **natural power** mak sasukat hosi enerjia ida nebe lori hosi liña tranzmisaun ida bainhira termina hosi surge impedance.
- Ne'e konveniente atu espresa enerjia nebe tranzmite iha termus per unit nian hosi SIL.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

110

Surge Impedance Loading

$$V_x = \cos(\beta x) V_R + j Z_C \sin(\beta x) I_R$$

$$I_x = j(1/Z_C) \sin(\beta x) V_R + \cos(\beta x) I_R$$

➤ Karik liña nebe tranzmite ho surge impedance Z_C :

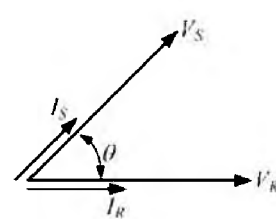
$$V_R = Z_C I_R \Rightarrow Z_C = \frac{V_R}{I_R}$$

$$V_x = V_R (\cos(\beta x) + j \sin(\beta x)) = V_R e^{-j\beta x}$$

$$I_x = I_R (\cos(\beta x) + j \sin(\beta x)) = I_R e^{-j\beta x}$$

$$V_S = V_R e^{-j\beta l}$$

$$I_S = I_R e^{-j\beta l}$$

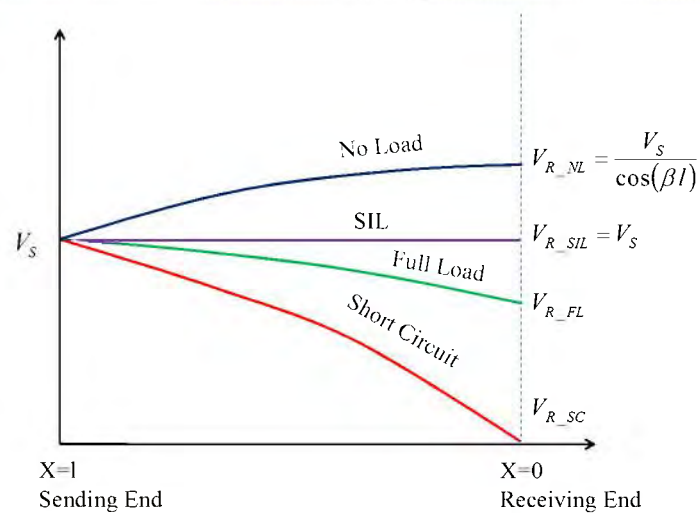


18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

111

Komparasaun hosi Diferenti Karga



18/6/2013

JICA Ek'ipa Asisténsia Téknika

112

Surge Impedance Loading

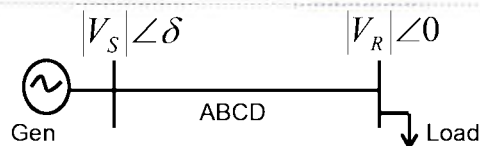
Voltage Level (kV)	SIL (MW)	Thermal Limit (MVA)
132	50	94
220	132	237
400	515	948
765	2200	4261

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

113

Energia Transfere Lihosi Liña Tranzmisaun



$$S_S = P_S + jQ_S$$

$$S_R = P_R + jQ_R$$

$$V_S = AV_R + BI_R \quad \Rightarrow \quad I_R = \frac{V_S}{B} - \frac{AV_R}{B}$$

$$\text{Let } A = |A| \angle \alpha \text{ and } B = |B| \angle \beta$$

$$I_R = \frac{|V_S|}{|B|} \angle (\delta - \beta) - \frac{|A||V_R|}{|B|} \angle (\alpha - \beta)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

114

Korenti Enerjia Liuhosi Liña Tranzmisaun

$$I_R^* = \frac{|V_S|}{|B|} \angle(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|}{|B|} \angle(\beta - \alpha)$$

➤ Enerjia Kompleksu $V_R I_R^*$ iha receiving end:

$$V_R I_R^* = P_R + jQ_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \angle(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \angle(\beta - \alpha)$$

Real Part:

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

Imaginary Part

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\beta - \alpha)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

115

Korenti Enerjia Liuhosi Liña Tranzmisaun

Real Part:

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

Imaginary Part

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\beta - \alpha)$$

➤ Enerjia másimu sei hetan transfere, karik $\beta = \delta$

$$P_{R_max} = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

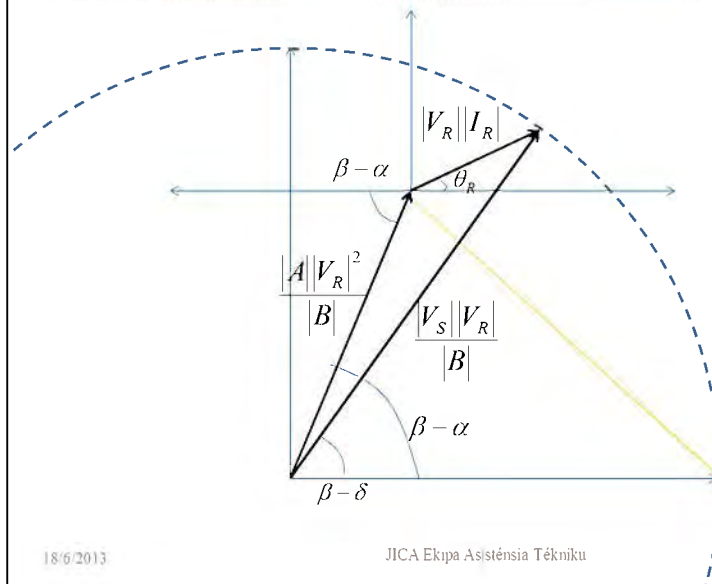
$$Q_{R_max} = -\frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\beta - \alpha)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

116

Siklu Diagrama Receiving End



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

117

Energia Másimu iha Aprosimasaun Liña Badak

$$P_{R_max} = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

Ba Liña badak $A=1, B=Z, C=0, D=1$

Assuming X/R ratio is high enough to neglect resistance

$$A = D = 1 \angle 0, \quad B = |Z| \angle \theta, \quad C = 0, \quad \cos \theta = R/|Z|$$

$$P_{R_max} = \frac{|V_S||V_R|}{|Z|} - \frac{|V_R|^2}{|Z|} \cos(\theta) = \frac{|V_S||V_R|}{|Z|} - \frac{|V_R|^2}{|Z|^2} R$$

$$Q_{R_max} = -\frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\theta)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

118

With large X/R Ratio

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\beta - \alpha)$$

Generally, $R \ll X$ then $Z = jX$

$A = D = 1 \angle 0$, $B = |X| \angle 90$, $C = 0$,

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|X|} \sin \delta \quad \longrightarrow \quad P_{R_max} = \frac{|V_S||V_R|}{|X|}$$

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|X|} \cos(\delta) - \frac{|V_R|^2}{|X|} \quad \longrightarrow \quad Q_R = \frac{|V_R|}{|X|} (|V_S| - |V_R|) = \frac{|V_R|}{|X|} \Delta V$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

119

Sending End Power

$$I_S = CV_R + DI_R \quad \text{but} \quad I_R = \frac{V_S}{B} - \frac{AV_R}{B}$$

$$\begin{aligned} I_S &= CV_R + \frac{D}{B} V_S - \frac{DA}{B} V_R \\ &= \frac{D}{B} V_S - \frac{V_R(AD - BC)}{B} \\ I_S &= \frac{DV_S}{B} - \frac{V_R}{B} \end{aligned}$$

► Enerjia kompleksu $V_S I_S^*$ iha receiving end:

Let $A = D = |A| \angle \alpha$ and $B = |B| \angle \beta$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

120

Sending End Power

$$V_S I_S^* = P_S + jQ_S = \frac{|A||V_S|^2}{|B|} \angle(\beta - \alpha) - \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \angle(\delta + \beta)$$

Real Part:

$$P_S = \frac{|A||V_S|^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha) - \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\delta + \beta)$$

Imaginary Part

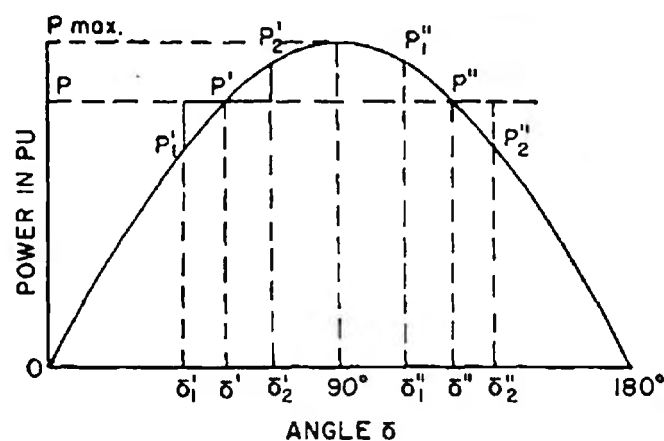
$$Q_S = \frac{|A||V_S|^2}{|B|} \sin(\beta - \alpha) - \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin(\delta + \beta)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

121

Steady State Stability Limit

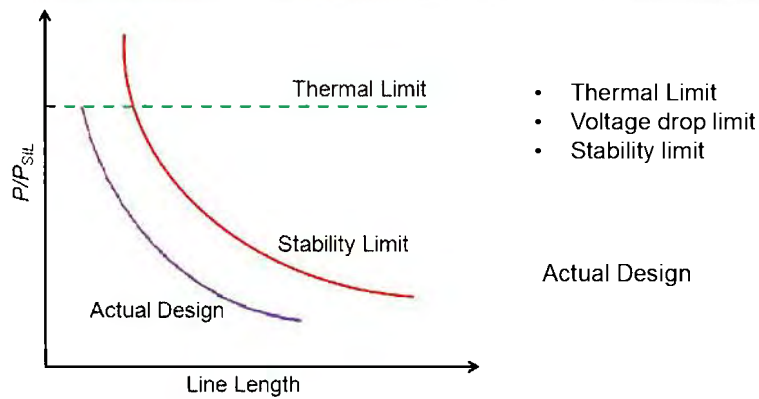


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

122

Kapasidade Energia Transfere



$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin \delta = \frac{|V_R|^2}{|Z_c \sin(\beta l)|} \sin \delta = SIL \frac{\sin \delta}{\sin(\beta l)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

123

Objetivos Prinsipál

- Oposaun hosi voltajen, opsaun hosi konduktor, espasu entre konduktors
- Kalkulasaun liña konstants, regulasaun no efikásia
- Kalkulasaun hosi Corona Loss
- Numeru Oposaun no tipu hosi isolatores
- psaun hosi metodu grounding nian
- Kalkulasaun hosi radio interferensi
- Konsiderasoens estabilidade
- Efek elektrostatik no elektromagnetik
- Kordenasaun Isolator
- Sistema protetivu

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

124

Komponentes Prinsipál hosi Liña Overhead

- Konduktores
 - Tembaga
 - Alumínu: ACSR, AAAR, AAC, Expanded ACSR
- Apoia Estrutura (Towers)
 - Galvanized steel (ba voltajen aas)
 - Wood, concrete, steel (ba voltajen kiik)
- Isolatores
 - Porcelain
 - Glass
 - Isolator polymer

18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

125

Dezeñu Mekániku

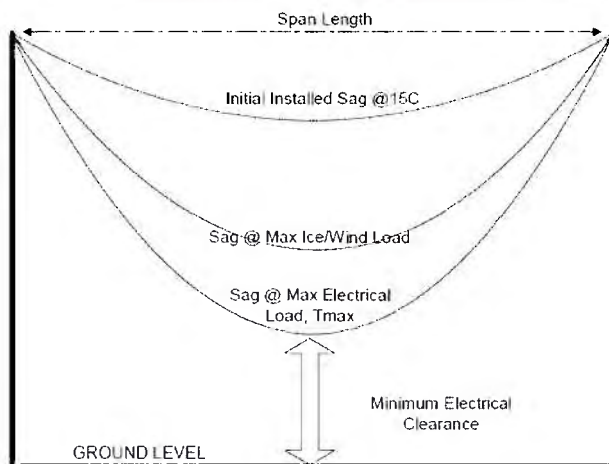
- Fatores Prinsipál
 - Seleksaun hosi liña rute
 - Tipus hosi tower ka pole
 - Right of way
 - Ground no konduktor clearance
 - Tower spacing, span length
 - Kargas mekániku
 - Todan hosi konduktor per unit length
 - Karga tanba anin, ice, snow, nst.
 - Temperatura
 - Tensuan Konduktor
 - Distansia entre apoias (Span length)

18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

126

Sag no Tensaun:



Másimu sag nune'e clearance ba ground no konduktore seluk bele mantein.

Másimu tensaun nune'e estruturas bele dezeña atu nia reziste.

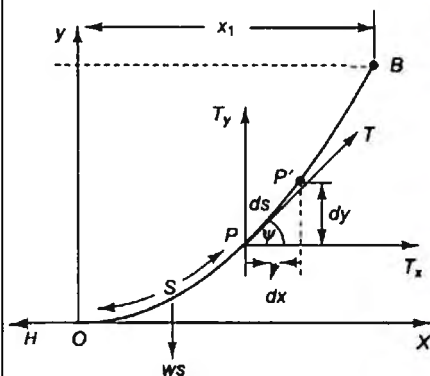
Mínimu sag atu kontrola estrutura problemas uplift.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

127

Kalkulasaun hosi Sag no Tensaun



$$H = T_x$$

$$T_y = ws$$

$$\tan \psi = dy/dx = T_y/T_x = ws/H$$

$$ds^2 = dx^2 + dy^2$$

$$\frac{ds^2}{dx^2} = 1 + \frac{dy^2}{dx^2}$$

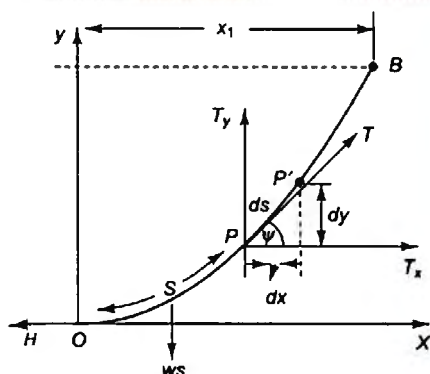
$$\frac{ds}{dx} = \sqrt{1 + (dy/dx)^2} \Rightarrow \frac{ds}{dx} = \sqrt{1 + w^2 s^2 / H^2} \Rightarrow dx = \frac{ds}{\sqrt{1 + w^2 s^2 / H^2}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

128

Kalkulasaun hosi Sag no Tensaun



$$\int dx = \int \frac{ds}{\sqrt{1 + w^2 s^2 / H^2}}$$

Integrating

$$x + c_1 = \frac{H}{w} \sinh^{-1} \left(\frac{ws}{H} \right);$$

At $x=0, s=0$, therefore $c_1=0$

$$x = \frac{H}{w} \sinh^{-1} \left(\frac{ws}{H} \right) \Rightarrow$$

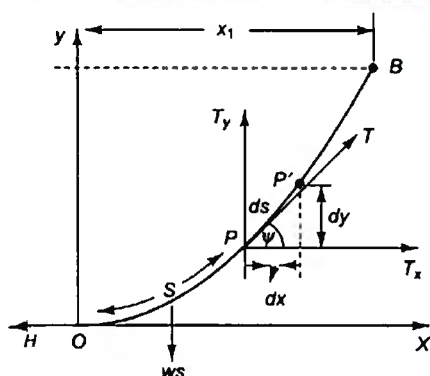
$$s = \frac{H}{w} \sinh \frac{wx}{H}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

129

Kalkulasaun hosi Sag no Tensaun



$$s = \frac{H}{w} \sinh \frac{wx}{H}$$



$$\frac{ws}{H} = \sinh \left(\frac{wx}{H} \right)$$

Also $\frac{dy}{dx} = \frac{ws}{H}$

$$\frac{dy}{dx} = \sinh \left(\frac{wx}{H} \right) \Rightarrow$$

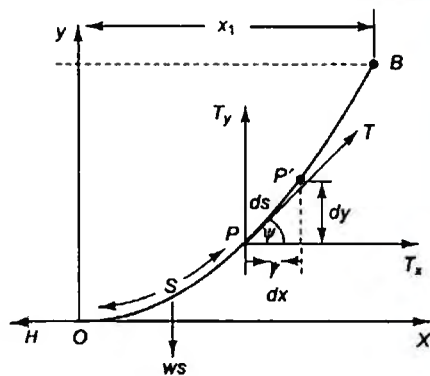
$$dy = \sinh \frac{wx}{H} dx$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

130

Kalkulasaun hosi Sag no Tensaun



$$\int dy = \int \sinh \frac{wx}{H} dx$$

Integrating

$$y = \frac{H}{w} \cosh \left(\frac{wx}{H} \right) + c_2$$

At $y=0, x=0$, therefore

$$c_2 = -\frac{H}{w}$$

$$y = \frac{H}{w} \cosh \left(\frac{wx}{H} \right) - \frac{H}{w}$$



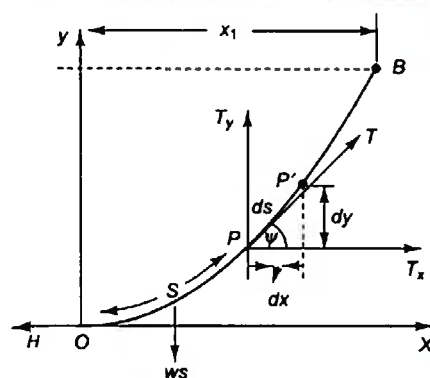
$$y = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wx}{H} - 1 \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

131

Kalkulasaun hosi Sag no Tensaun



For tension at point P,

$$\begin{aligned} T^2 &= T_x^2 + T_y^2 \\ &= H^2 + w^2 s^2 \end{aligned}$$

We know $s = \frac{H}{w} \sinh \frac{wx}{H}$

$$\begin{aligned} T^2 &= H^2 + H^2 \sinh^2 \left(\frac{wx}{H} \right) \\ &= H^2 \left(1 + \sinh^2 \left(\frac{wx}{H} \right) \right) \end{aligned}$$

$$T^2 = H^2 \cosh^2 \left(\frac{wx}{H} \right)$$



$$T = H \cosh \frac{wx}{H}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

132

Apoia iha Aas Hanesan

Karik menara iha aas hanesan no span mak $2l$, n.e. half span mak l

$$s = \frac{H}{w} \sinh \frac{wx}{H} \quad \Rightarrow \quad S = \frac{H}{w} \sinh \left(\frac{wl}{H} \right)$$

$$y = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wx}{H} - 1 \right) \quad \Rightarrow \quad d = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wl}{H} - 1 \right)$$

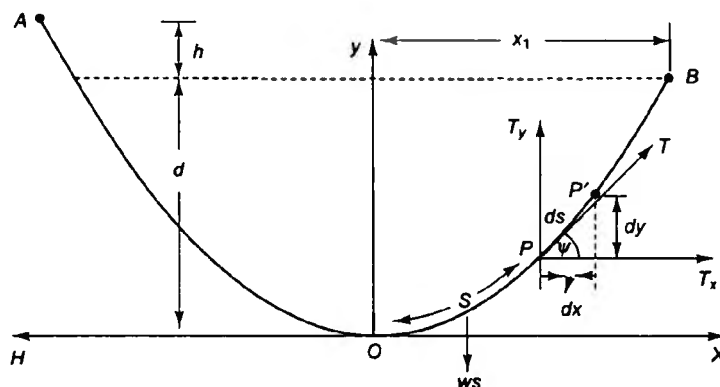
$$T = H \cosh \frac{wx}{H} \quad \Rightarrow \quad H \cosh \frac{wl}{H}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

133

Apoia iha Aas Diferensa



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

134

Apoia iha Aas Diferensa

For tower B

$$y_B = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wx_1}{H} - 1 \right)$$

$$y = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wx}{H} - 1 \right)$$

For tower A

$$y_A = d + h = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{w(2l - x_1)}{H} - 1 \right)$$

Tan ne'e, diferença iha menara aas

$$\begin{aligned} h &= \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{w(2l - x_1)}{H} - \cosh \frac{wx_1}{H} \right) \\ &= \frac{2H}{w} \sinh \frac{wl}{H} \sinh \frac{w(l - x_1)}{H} \end{aligned}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asistênsia Téknika

135

Formula Aproximadu ba Sag no Tensaun

$$H \cosh \frac{wl}{H} \Rightarrow T \approx H \left(1 + \frac{w^2 l^2}{2H^2} \right) \Rightarrow T \approx H$$

$$d = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wl}{H} - 1 \right) \Rightarrow d \approx \frac{H}{w} \left(1 + \frac{w^2 l^2}{2H^2} - 1 \right) \Rightarrow d \approx \frac{wl^2}{2H}$$

$$S = \frac{H}{w} \sinh \left(\frac{wl}{H} \right) \Rightarrow S \approx \frac{H}{w} \left(\frac{wl}{H} + \frac{w^3 l^3}{6H^3} \right) \Rightarrow S \approx l + \frac{w^2 l^3}{6H^2}$$

$$T \approx H \Rightarrow d \approx \frac{wl^2}{2T} \text{ and } S \approx l + \frac{w^2 l^3}{6T^2}$$

$$\sinh x = x + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + \dots \quad \text{and} \quad \cosh x = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \dots$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asistênsia Téknika

136

Aprosimasaun Parabolic

- Kona ba spans badak (liñas distribuisaun) ho sag kiik (lato'o 10%), kurva bele konsidera hanesan parabola.
 - Sag less than 6% could give only 0.5% error
 - Sag between 6-10 % could give only 2% error

$$y = \frac{H}{w} \left(\cosh \frac{wx}{H} - 1 \right) = \frac{H}{w} \left(1 + \frac{w^2 x^2}{2H^2} - 1 \right) \Rightarrow y \approx \frac{wx^2}{2H}$$

$$y \approx \frac{wx^2}{2T} \quad T \approx H$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

137

Efek hosi Taka Es no Anin

- Karik es mahar liu hosi 0.5 cm depois konsideradu.
- Efek hosi taka es (w_i) atu aumenta todan hosi konduktor (w_c), no nune'e aumenta vertikal sag.
- Karik r mak radius hosi konduktor no t mak mahar hosi es layer.

$$\begin{aligned} V_i &= \pi(r+t)^2 - \pi r^2 \\ &= \pi(r^2 + 2rt + t^2 - r^2) \\ &= \pi(t^2 + 2rt) \text{ m}^3 \end{aligned}$$

If ρ is the density of ice

$$W_i = \pi \rho (t^2 + 2rt) \text{ kg/m}$$

Therefore, total weight (W_T)

$$W_T = W_c + W_i$$



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

138

Efek hosi Taka Es no Anin

- Presaun anin la'o tuir konduktor iha diresaun horizontal. Asume katak anin hu'u uniformamente.

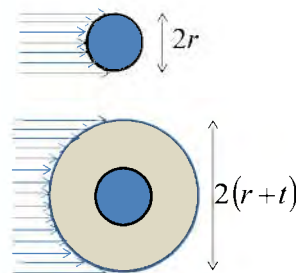
- Karik p mak presaan anin, karga anin (w_w)

Conductor alone $w_w = 2r p \text{ kg/m}$

Conductor + Ice $w_w = 2(r+t)p \text{ kg/m}$

- Presaun anin depende ba velocidade hosi anin.

$$p = 0.006 v^2 \text{ kg/m}^2$$



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

139

Efek hosi Taka Es no Anin



- Todan nebe rezulta hosi konduktor mak:

Conductor alone $w_T = \sqrt{w_c^2 + w_w^2} \text{ kg/m}$

Conductor + Ice $w_T = \sqrt{(w_c + w_i)^2 + w_w^2} \text{ kg/m}$

- Angle nebe karega la'o:

Conductor alone $\phi = \tan^{-1}(w_w / w_c)$

Conductor + Ice $\phi = \tan^{-1}(w_w / (w_c + w_i))$



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

140

Diagrama Stringing

- Kurva hosi sag no tensaun ho variaun temperatura bolu *Stringing Charts*.
- Diagrama stringing serve hodi prepara sag no tensaun iha temperatura ruma, karik sag no tensaun hatene iha temperatura partikular ruma.
- Sira serve hosi harii liña konduktore iha temperatura espesifiku no kondisoens karega.
- Iha temperatura aas, sag liu no tensaun menus portantu iha temperatura kiik sag menus maibe tensaun liu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

141

Diagrama Stringing

w	Load per unit length
f	Stress (tension per mm ²)
S	Conductor length (half span)
d	Sag
θ	Temperature
A	Area of cross section of conductor
α	Coefficient of linear expansion
E	Young's modulus

- ▶ Subscripts 1 no 2 signifika temperaturas iha kondisoens karga másimu no iha kondisoens stringing (instalasaun ka produsaun hosi liña tranzmisaun).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

142

Diagrama Stringing

- Ba spans badak

$$d \approx \frac{w l^2}{2T} \quad \text{and} \quad S \approx l + \frac{w^2 l^3}{6 T^2} \quad \xrightarrow{T=Af} \quad S = l + \frac{w^2 l^3}{6 A^2 f^2}$$

- Iha temperatura θ_1

$$S_1 = l + \frac{w_1^2 l^3}{6 A^2 f_1^2} \quad \text{and} \quad d_1 = \frac{w_1 l^2}{2 A f_1}$$

- Iha temperatura θ_2

$$S_2 = l + \frac{w_2^2 l^3}{6 A^2 f_2^2} \quad \text{and} \quad d_2 = \frac{w_2 l^2}{2 A f_2}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

143

Diagrama Stringing

- Tanba aumenta iha temperatura hosi θ_1 to θ_2 , naruk aumenta mak:

$$(\theta_2 - \theta_1) \alpha S \approx (\theta_2 - \theta_1) \alpha l$$

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta \theta$$

- Iha efek seluk nebe aumenta iha temperatura hosi θ_1 to θ_2 , hamenus tensaun ka estrese hos f_1 to f_2 :

$$\left(\frac{f_1 - f_2}{E} \right) S \approx \left(\frac{f_1 - f_2}{E} \right) l$$

$$\Delta l = \frac{\Delta f l_0}{E}$$

- Tan ne'e naruk foun mak:

$$S_2 = S_1 + (\theta_2 - \theta_1) \alpha l - \left(\frac{f_1 - f_2}{E} \right) l$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

144

Diagrama Stringing

$$l + \frac{w_2^2 l^3}{6A^2 f_2^2} = l + \frac{w_1^2 l^3}{6A^2 f_1^2} + (\theta_2 - \theta_1) \alpha l - \left(\frac{f_1 - f_2}{E} \right) l$$

➤ Simplifikamente

$$\frac{w_2^2 l^2 E}{6A^2} = f_2^2 \left(f_2 - f_1 + \frac{w_1^2 l^2 E}{6A^2 f_1^2} + (\theta_2 - \theta_1) \alpha E \right)$$

➤ Ne'e kubik hanesan iha f_2 ne'ebe bele rezolve hodi uza mathematical algorithm. Depois sag mak:

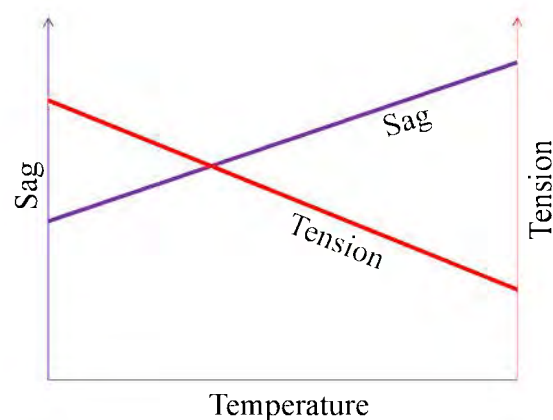
$$d_2 = \frac{w_2 l^2}{2A f_2}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

145

Diagrama Stringing



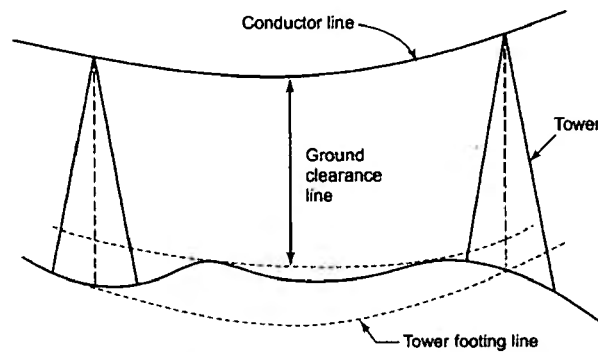
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

146

Sag Template

- Ne'e plot hosi kurva uza hodi lokaliza pozisoens menara.



- Ohin loron, ne'e hotu ona uza fali programas sophisticated software, ne'ebe foti input hanesan kustu menara nian, rekerementus fundasaun, kualidade rai, nst.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

147

Ruling ka Ekivalente Span

- Iha situasoens balun span naruk lahanesan.
- Tan ne'e, tensaun kada span sei diferenti.
- Ne'e la posivel iha tipu supervizaun isolator, tanba nia sei ba-mai atu ekualiza tensaun.
- Tan ne'e, uniforma tensaun kada span nebe kalkula hodi define ekivalente span (ka ruling span).

$$L_e = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 + \dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}}$$

- L_e mak ekivalente ka ruling span
- L_i mak kada individuu span iha liña



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

148

Ruling ka Ekivalente Span

- Nune'e maizumenus ruling span mak:

$$L_e = L_{avg} + \frac{2}{3}(L_{max} + L_{avg})$$

- L_{avg} mak médiu span iha liña
- L_{max} mak másimu span iha liña
- The *ruling span* mak depois uza atu kalkula komponente horizontal hosi tensaun, ne'ebe bele aplika ba span hotu-hotu entre pontus anchor . Depois sag iha kada span mak uza kalkula'saun

$$d_i = \frac{w l_i}{2H}$$

- Span la bele liu dala rua *ruling span* ka lato'o rohan *ruling span*.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

149

- Iha adesaun ba Horizontal swing tanba presaun anin, iha tipus rua hosi vibrasoes vertikal:

- Vibrasoens aeolian ka resonant

- Ne'e kauza hosi vortex phenomena iha light winds.
- Low magnitude (up to 5 cm) no high frequency (5-40 Hz)
- Less harmful tanba small magnitude
- Vibrasoens sira ne'e baibain iha konduktor no liu ka menus sempre iha.
- The *Armour rods ka dampers* uza atu hamate vibrasoens sira ne'e.



Armour rods



Stock-bridge dampers

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

150

Vibrasoens Konduktor

➤ Galloping (ka konduktorens halai)

- Jeralmente akontese tanba asymmetrical layer hoi formasaun es.
- Bainhira asymmetrical es idane'e taka konduktor nakloke ba anin kmaan (partikularmente bainhira rai-hali'is).
- Magnitude aas (to'o 6 m) no frenkuensia kiik (0.25-2 Hz).
- Vibrasaun hirak ne'e bele hamosu flashover entre konduktorens.
- Atu evita flashover idane'e prefere konfigurasaun horizontal.
- Mos karik konduktor mak sirkular ho didiak efek bele minimiza.
- Konduktorens stranded bele hafalun ho PVC atu halo konduktor sirkular ho didiak.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

151

Isoladores ba Liña Overhead

- *Isoladores* nebe uza atu izola menara sira hosi konduktorens diak.
- Isoladores nebe tutan ba menara no apoia liña konduktorens.
- Karakteristikas importante:
 - Ne'e tenke kompletamente materiais homogeneous sein fatin mamuk sira no impurezas.
 - Korenti sulisai liuhosi nia tenke minimu.
 - Avaria enerjia hosi material tenke aas no nia tenke satan over-voltages no voltajen servisu normal.
 - Mekanikamente nia tenke forte atu lori karga konduktor no tenke iha moris naruk.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

152

Isolator Rating Sira

➤ Voltajen Rating Tolu

- Voltajen Servisu
- Voltajen Puncture
- Voltajen Flashover



➤ Voltajen flashover lato'o puncture.

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Flashover Voltage}}{\text{Working Voltage}}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

153

Isoladores ba Liña Overhead

➤ Porcelain:

- Porcelain baibain uza tanba baratu.
- Ne'e kompletamente verifika atu hasai fatin mamuk no glazed molok uza atu mantein superfisie livre hosi rai-rahun no kelembapan.
- Avaria enerjia kuaze 6-12 kV/mm



➤ Glass:

- Hametin glass opsaun seluk iha enerjia dielétriku aasliu (120 kV/mm), mekániku enerjia no moris.
- Defcitu bele hetan lalais hosi inspesaun vizuál.
- Desvantajen aasliu mak kelembapan ho-lais redús esteríór nebe fô aas esteríór korenti suli-sai.



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

154

Isoladores ba Liña Overhead

- Isolator polymeric:
 - Silicone rubber no EPDM (Ethylene propylene diene monomer) hodi uza ba objetivu isolator .
 - Low cost, light weight, higher life, hadi'ak lala'ok dielétriku iha kontaminaun ka polusaun.
 - Sira uza iha kombinasaun ho fiber glass rod.
 - Hirak ne'e iha field trials no bele foti tempu atu uza estensivuliu.
 - Tracking no erosion hosi shed material, ne'ebe lidera ba polusaun no hamosu flashover.
 - Chalking no crazing hosi isolator nia oin, ne'ebe rezulta hodi aumenta koleasaun kontamina, arching, no flashover.



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

155

Tipus hosi Isoladores

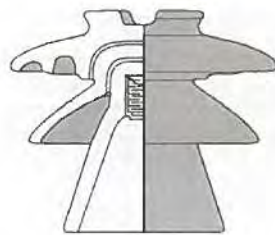
- Tipu isoladores pin
- Tipu isoladores suspensaun
- Tipu isoladores strain
- Isolator shackle
- Tipu isoladores post
- Kompozisaun isoladores polymeric

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

156

Tipu Isolator Pin



- Apoiu iha steel bolt ka pin ne'ebe apoiu metin iha cross-arm.
- Konduktor kesi ba isolator iha groove hosi kawat annealed binding.
- Jeralmente uza ba liñas 11 kV no 33 kV.
- Sira bele halo iha pedasuk ida to'o 33 kV no pedasuk rua ba voltajen aas.
- Tipu isolares pin antiekonomiku ba voltaje aas.
- Bocoran ka creep age distance mak hosi liña ba pin radially tuir permukaan.

18/6/2013

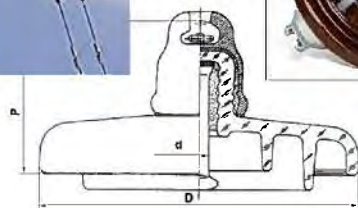
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

157

Tipu Isoladores Suspensaun



- Iha ida ka liu unidades izolamentu tara husi cross arm no konduktor nebe liga iha unidade kiikliu.
- Tali livre atu nakdoko (presaun mekániku kiik); presiza cross arms naruk sira ne'e.
- Voltajen ekonomiku to'o 33 kV. Kada unidade tipiku dezeña ba 11 kV.



- Unidade nebe falla bele troka sein troka tali hotu.
- V forma tali isolator bele mós uza atu evita nakdoko.
- 400 -> 19 units -> 3.84 m

18.6/2

isténsia Tékniku

158

Tipu Isolator Strain

- Isoladores hanesan ho tipu isolator suspensaun maibe uza iha pozisaun horizontal.
- Jeralmente uza iha menara ho dead end, menara angle, no dalan no hakat mota.
- Sira bele foti tensaun off konduktors. Bainhira tensaun aas tebes rua ka liu nebe uza iha paraleru.



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

159

Isoladores Shackle, Post no Polymeric



Shackle insulators or
spool insulators



Post type insulators



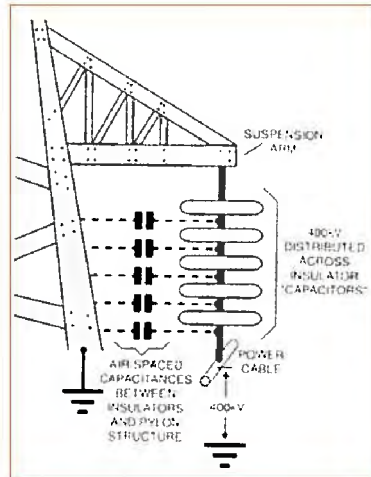
Polymeric insulators

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

160

Potensial Distribuisaun iha String



- Kapasitansia hosi disc: Kapasitansia entre servisu metal hosi unidades isolator; dalaruma bolu kapasitansia mutual.
- Kapasitansia ba rai: kapasitansia entre servisu metal hosi isolator ba menara.

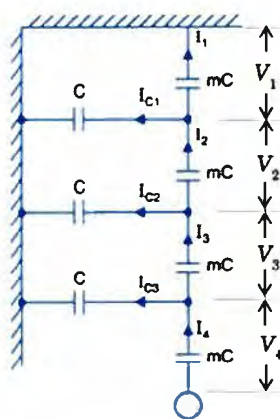
$$m = \frac{\text{Capacitance per insulator}}{\text{Capacitance to ground}} = \frac{mC}{C}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

161

Potensial Distribuisaun iha String



$$m = \frac{\text{Capacitance per insulator}}{\text{Capacitance to ground}} = \frac{mC}{C}$$

- Karik V mak voltajen across konduktor no ground. Ita iha:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Also $I_2 = I_1 + I_{c1}$

$$V_2 m \omega C = V_1 m \omega C + V_1 \omega C$$

$$V_2 = \frac{V_1}{m}(m+1) = \frac{m+1}{m} V_1$$

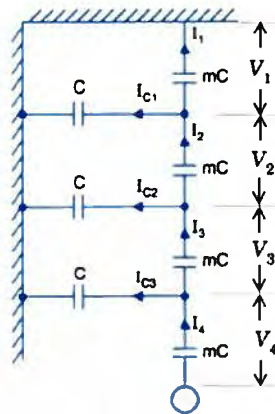
$$V_2 = V_1 \left[1 + \frac{1}{m} \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

162

Potensial Distribuisaun iha String



➤ Similarly, $I_3 = I_2 + I_{c_3}$

$$V_3 m \omega C = V_2 m \omega C + (V_1 + V_2) \omega C$$

$$V_3 m \omega C = V_2 \omega C (m + 1) + V_1 \omega C$$

Substituting $V_2 = \frac{m+1}{m} V_1$

$$V_3 m \omega C = \frac{m+1}{m} V_1 \omega C (m + 1) + V_1 \omega C$$

$$= V_1 \omega C \left[\frac{(m+1)^2}{m} + 1 \right]$$

$$V_3 = V_1 \left[\frac{m^2 + 3m + 1}{m^2} \right]$$

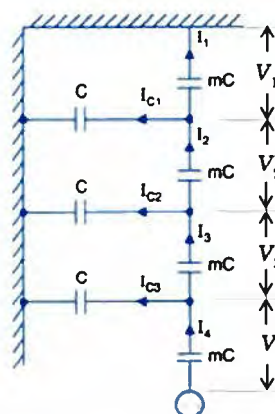
$$V_3 = V_1 \left[1 + \frac{3}{m} + \frac{1}{m^2} \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

163

Potensial Distribuisaun iha String



➤ Similarly, $I_4 = I_3 + I_{c_4}$

$$V_4 m \omega C = V_1 \omega C \left[\frac{m^2 + 3m + 1}{m} \right] + \omega C [V_1 + V_2 + V_3]$$

$$= V_1 \omega C \left[\frac{m^2 + 3m + 1}{m} \right]$$

$$+ \omega C \left[V_1 + \frac{m+1}{m} V_1 + \frac{m^2 + 3m + 1}{m^2} V_1 \right]$$

$$V_4 = V_1 \cdot \left[\frac{m^2 + 3m + 1}{m^2} + \frac{3m^2 + 4m + 1}{m^3} \right]$$

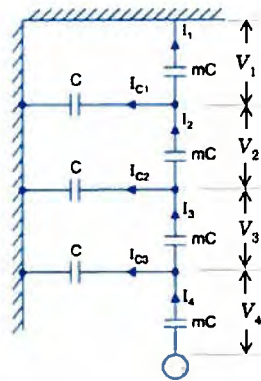
$$V_4 = V_1 \left[1 + \frac{6}{m} + \frac{5}{m^2} + \frac{1}{m^3} \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

164

Efikásia String



➤ Let $m = 5$

$$V_2 = V_1 \left[1 + \frac{1}{m} \right] \Rightarrow V_2 = 1.2 V_1$$

$$V_3 = V_1 \left[1 + \frac{3}{m} + \frac{1}{m^2} \right] \Rightarrow V_3 = 1.64 V_1$$

$$V_4 = V_1 \left[1 + \frac{6}{m} + \frac{5}{m^2} + \frac{1}{m^3} \right] \Rightarrow V_4 = 2.41 V_1$$

$$\begin{aligned} \text{String Efficiency} &= \frac{\text{Voltage Across String}}{n \times \text{Voltage across unit adjacent to line}} \times 100 \\ &= \frac{(1 + 1.2 + 1.64 + 2.41) V_1}{4 \times 2.41 V_1} \times 100 = 63.8\% \end{aligned}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

165

Metodus hodi Ekualiza Potensial

- Metodus atu promove string efikásia
 - Selesaun hosi m
 - Grading hosi unidades
 - Statik shielding ka guard rings

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

166

Liña Apoia

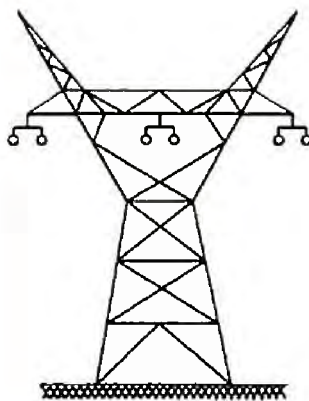
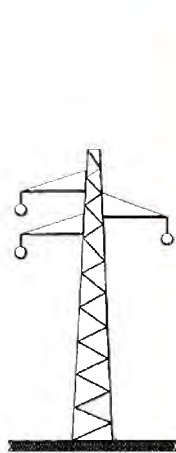
- **Wooden Poles**
 - Baratuliu , uza ba spans kiik (30-40m)
 - Tendénsia atu rot iha rai no moris la bele predikadu.
- **Reinforced concrete poles**
 - Moris naruk no manutensaun kiik
 - Kustu transporte nian aas tanba todan
- **Tubular steel poles**
 - Spans narukliu duké wooden, longer life, light weight, high strength
 - Presiza galvanizasaun
- **Lattice steel towers**
 - Ekonómiku ba spans naruk, tall supports no tranzmisaun HV
 - Galvanized no painted

18/7/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

167

Tipíku Menara Sira



- Main stem
- Cross arms
- Isolator
- Guy wire (Optional)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

168

Tipu hosi Menara Sira

- Tipu A menara (Tangent tower ho suspensaun string)
 - Uza iha aliran loos no to'o 2^o liña diversoens
- Tipu B menara (menara angle kiik ho tensaun string)
 - Uza ba liña diversoens hosi 2^o to'o 15^o
- Tipu C menara (Menara angle médiu ho tensaun string)
 - Uza ba liña diversoens hosi 15^o to'o 30^o
- Tipu D menara (Menara angle boot ho tensaun string)
 - Uza ba liña diversoens hosi 30^o to'o 60^o
- Tipu E menara (Menara Dead End ho tensaun string)
 - Uza ba liña terminasaun no starting
- Menara espesial
 - Menara suspensaun: (Span kuaze 1000m) hosi hakur mota ka foho
 - Menara transpozisaun: Transpozisaun hosi liña

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

169

Dezeñus Inovatif



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

170

VI. TRANZMISAUN NO SISTEMA DISTRIBUISAUN

LIÑAS TRANZMISAUN OVERHEAD DEZEÑU ELÉTRIKU

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

171

Metodus hosi Ekualiza Potensiál

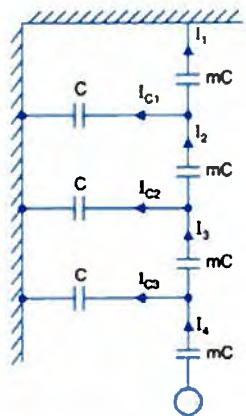
- Metodus atu promove string efikásia
 - Seleksaun hosi m
 - Grading hosi unidades
 - Static shielding ka guard rings

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

172

Selesaun hosi m



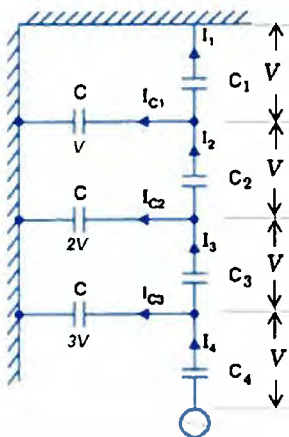
- Karik valori hosi m mak aumenta, ne'ebe bele realiza ho aumenta naruk cross-arm.
- Aumenta naruk cross-arm hamenus kapasitansia entre rai no koneksaun metalik.
- Maibe aumenta naruk cross-arm laos ekonómiku hafoin distansia natoon.
- Teórikamente, ida bele realiza voltajen distribuissau hanesan bainhira m mak infinidade.
- Ne'e hetan katak valor hosi m bootliu duké 10 laos ekonómiku.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

173

Grading hosi Unidades



- Voltajen across kapasitor fila-hikas proporsionál ba kapasitansia hodi fó korenti.
- Ho grading loos hosi kapasitansia kompleta igualidade voltajen bele realiza.
- Ami iha,

$$I_2 = I_{C1} + I_1$$

$$\omega C_2 V = \omega C V + \omega C_1 V$$

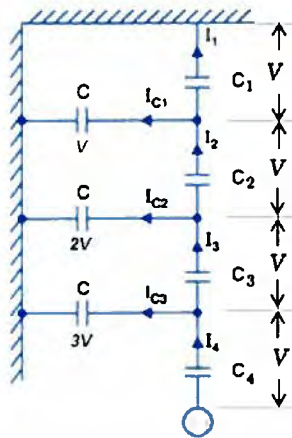
$$C_2 = (C + C_1)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

174

Grading hosi Unidades



$$I_3 = I_{C2} + I_2$$

$$\omega C_3 V = 2\omega C V + \omega C_2 V$$

$$\text{But } C_2 = (C + C_1)$$

$$\omega C_3 V = 2\omega C V + \omega (C + C_1) V$$

$$C_3 = 3C + C_1$$

$$C_3 = C_1 + (1 + 2)C$$

Generalized case:

$$C_n = C_1 + (1 + 2 + 3 + \dots + (n - 1))C$$

Therefore, if $C_1 = 5C$, then

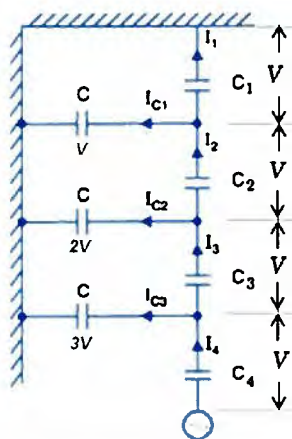
$$C_2 = 6C, C_3 = 8C, C_4 = 11C, \text{ and so on}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

175

Grading hosi Unidades



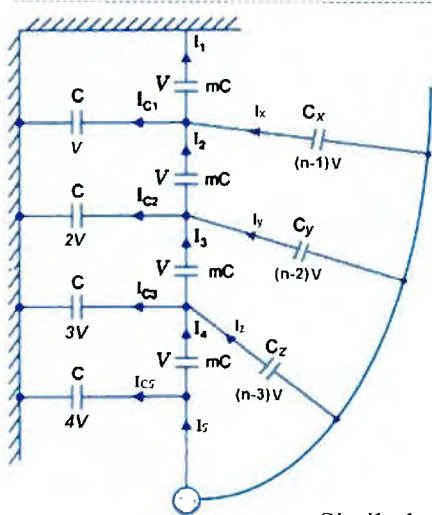
- Hirak ne'e karik kapasitansia hosi unidade ida hadi'a kapasitansia seluk bele facil determina.
- Ne'e presiza unidades hosi differenti kapasidades, ne'ebe antiekonómiku no impratiku.
- Tan ne'e metodu idane'e baibain la emprega anaunser ba liñas voltajen aas tebes.
- Iha kazu ne'e, marka iha grupus, dalaruma rua/tolu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

176

Statik Shielding



$$I_2 + I_x = I_1 + I_{C1}$$

$$I_3 + I_y = I_2 + I_{C2}$$

$$I_4 + I_z = I_3 + I_{C3}$$

Voltages can be equal if

$$I_x = I_{C1}$$

$$\omega C_x (n-1)V = \omega C V$$

$$C_x = \frac{C}{(n-1)}$$

Also, $I_y = I_{C2}$

$$\omega C_y (n-2)V = 2\omega C V$$

$$C_y = \frac{2C}{(n-2)}$$

$$\text{Similarly, } C_z = \frac{3C}{(n-3)} \text{ and } C_p = \frac{pC}{(n-p)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

177

Statik Shielding



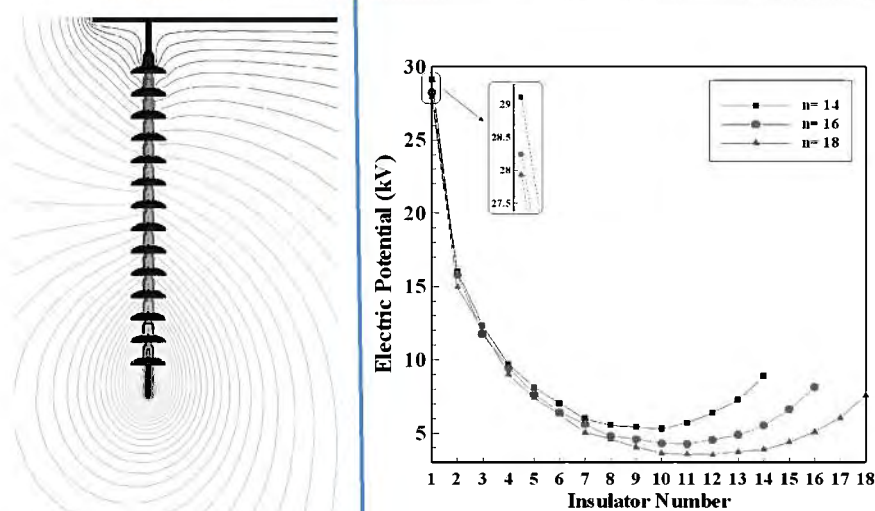
- Iha pratika, ne'e susar tebes atu realiza kondisaun hosi voltajen hanesan.
- Maibe vantajen parsial bele hetan hosi metodu idane'e (*guard ring*) no uza normalmente.
- Tan, bainhira horn gap mós uza, nia mós proteje.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

178

Metodu Numérikú (FEM, BEM, FDM, etc.)



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

179

VI. TRANZMISAUN NO SISTEM DISTRIBUISAUN

LIÑAS TRANZMISAUN CORONA OVERHEAD

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

180

Saida mak Corona?

- “Corona mak deskarga nabilan tanba ionizasaun hosi anin nebe hale’u elérodu, kauza hosi grandiente voltajen liu valor krítiku espesífiku.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

181

Tansá Corona mak Importante?

- Corona hosi konduktors bele hamosu barullu audivel no barullu radio.
- Barullu audivel hosi konduktors bele viola padroens barullu.
- Barullu radio hosi konduktors bele interfere ho sistemas komunikasoens.
- Corona lakon bele signifikativu bainhira kompara rezistivu lakon hosi konduktors.
- Corona bele hamosu posivel estraga ba isolatores polymeric.
- Tan ne’e, liñas livre corona presiza iha dezeña ne’ebe presiza komprende saun hosi fatores ne’e afeta corana.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

182

Parsiál Deskarga

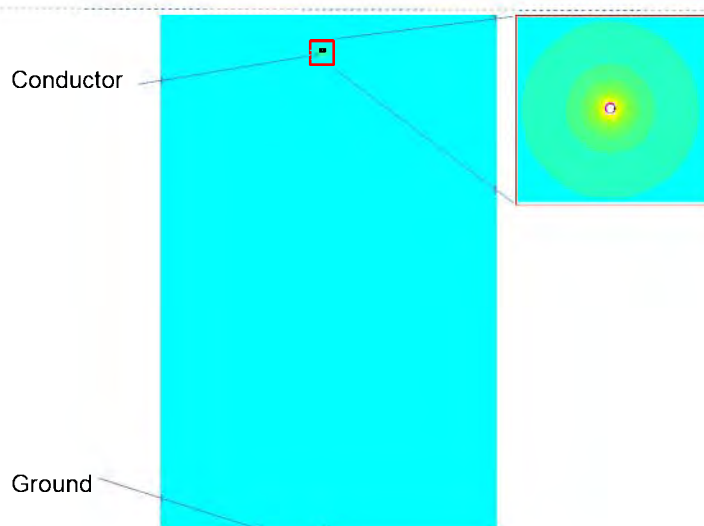
- Avaria hosi gás nebe iha baihira deskarga rasik lapara ka prosesu ionizasaun monta ona.
- Ida ne'e monta bainhira presaun parte elétriku liu valor krítiku espesífiku.
- Kona-ba parte uniforma kondisaun idane'e satisfeitu iha pontus hotu - hotu no sei kompleta avaria hodi forma arc entre eletrodus.
- Ba avaria anin forsa (iha 25°C no 760 mm Hg) mak 30 kV/cm ba DC no 30 kV/cm (peak) ba AC.
- Maibe, karik parte elétriku mak la-uniforma liu kondisaun avaria bele laiha leet hotu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

183

Área Non-Uniforma



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

184

Corona

- Portantu iha área non-uniform, rejiaun balun hosi esperensias dielétriku forte aasliu duké, bainhira presaun área rejiaun seluk diak iha valór krítiku.
- Nune'e, kondisaun deskarga rasik lapara sei validu deit iha rejiaun forte nebe aumenta ba parsiál deskarga bolu corona.
- Ne'e asosiadu ho pijar (bluish ka violet tuffs, streamers, and/or glow) no lian finu no bainhira monta iha ozone, ozone, oxides hosi nitrogen no nitric acid (in the presence of moisture) formadu ona.
- Naroman prodús hosi rekombinasaun hosi nitrogem atom elektron livre.

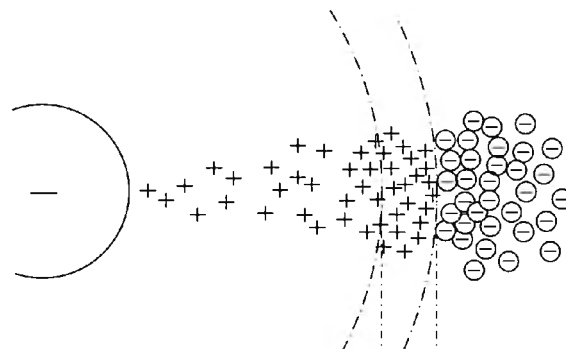
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

185

Mekánizmu hosi Formasaun Corona

- Konduktore iha Voltajen Negativu DC



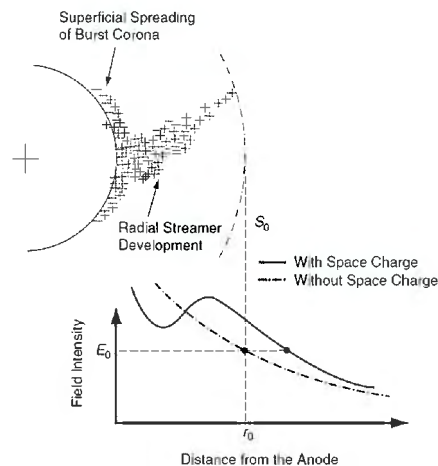
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

186

Mekánizmu hosi Formasaun Corona

➤ Konduktore iha Voltajen Positivu DC



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

187

Mekánizmu hosi Formasaun Corona

➤ Konduktore iha voltajen AC:

➤ Iha siklu positivu sorin:

- Bainhira voltajen liu valór insepasaun corona, estarta ionizasaun no intensidade progresivamente aumenta to'o tutun.
- Elektron sira sa'e to'o konduktor maibe antes ions positivu to'o elétroda seluk polaritas troka.
- Ions positivu seluk virtualmente cutoff hela hosi clétrodas rua ne'e hotu.

➤ Iha siklu negativu sorin:

- Iha siklu negativu sorin corona kontra estarta bainhira voltajen liu valór insepasaun corona.
- Elektron sira fahe sai hosi konduktor no neutraliza ions stranded.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

188

Mekânizmu hosi Formasaun Corona

➤ Konduktore iha voltajen AC:

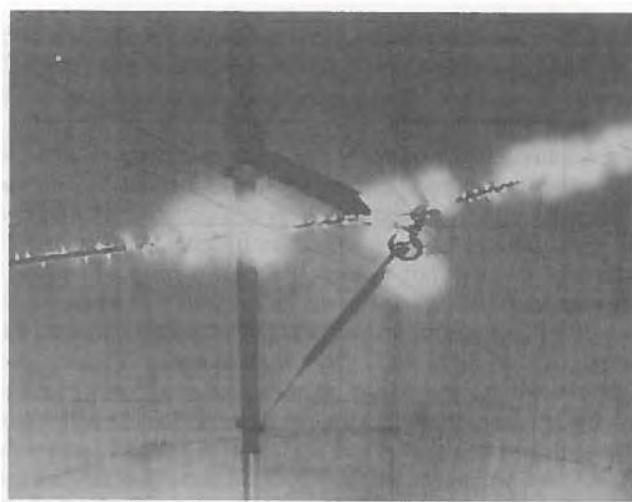
- Iha dalan idane'e, kada siklu espasu balun karega presiza atu neutraliza no rezultadu sei lakon iha kargas hosi rekursu.
- Enerjia kontinuuamente lakon iha espasu corona.
- Rekombinasaun hosi kargas kontráriu sei hasai enerjia iha anin sorin-sorin, ne'ebe sai manas.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

189

Corona (Prova Laboratóriu)

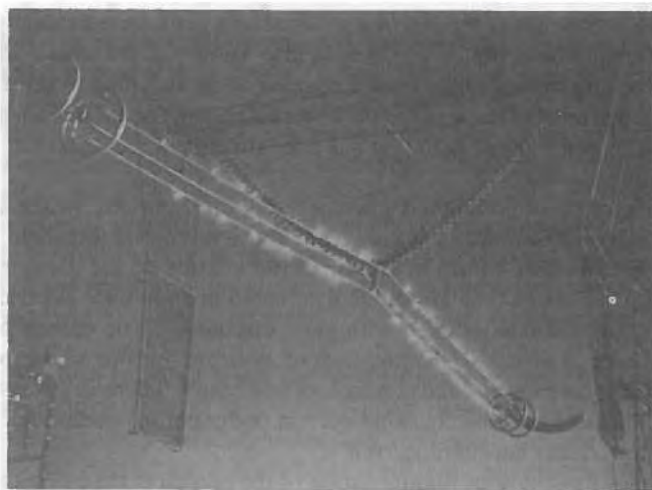


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

190

Corona (Prova Laboratóriu)

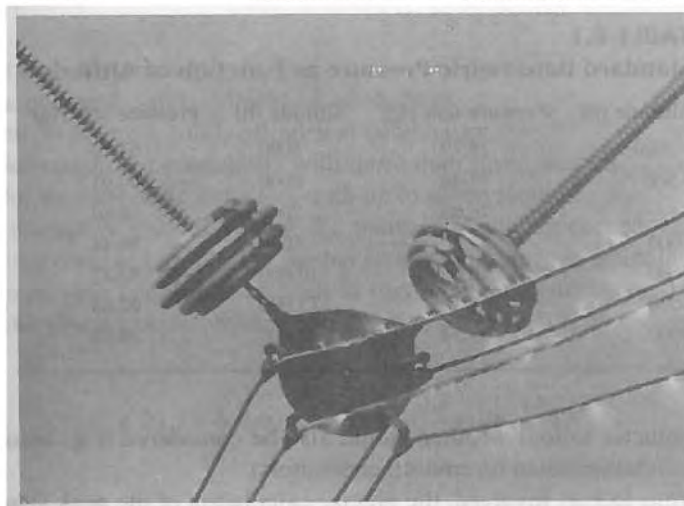


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

191

Corona (Prova)



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

192

Corona



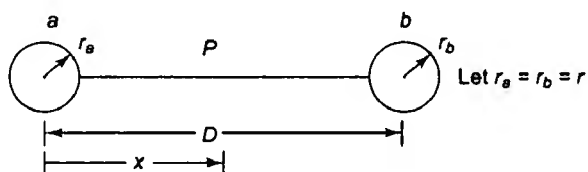
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

193

Voltajen Disruptivu Krítiku

- Diferensa potenciál mínimu presiza entre konduktor atu estarta ionizasaun bolu *voltajen disruptivu krítiku* ka *voltajen insepasaun corona*



$$E_x = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 x} + \frac{q}{2\pi\epsilon_0 (D-x)} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{x} + \frac{1}{D-x} \right]$$

$$= \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \frac{D}{x(D-x)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

194

Voltajen Disruptivu Krítiku

Diferensa Potensiál entre konduktor

$$V = - \int_{D-r}^r E_x dx = \int_r^{D-r} \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{x} + \frac{1}{D-x} \right] dx$$

$$= \frac{q}{\pi\epsilon_0} \ln D/r \quad \Rightarrow \quad q = \frac{\pi\epsilon_0 V}{\ln D/r}$$

Tan ne'e,

$$E_x = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \frac{D}{x(D-x)} \quad \Rightarrow \quad E_x = \frac{\pi\epsilon_0 V}{\ln D/r} \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{D}{x(D-x)}$$

$$= \frac{V}{2 \ln D/r} \frac{D}{x(D-x)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

195

Voltajen Disruptivu Krítiku

$$E_x = \frac{V}{2 \ln D/r} \frac{D}{x(D-x)}$$

➤ Espresaun iha leten ba liña single phase no $V' = V/2$

$$E_x = \frac{V' D}{x(D-x) \ln D/r}$$

▶ Agora idane'e bele uza ba single phase ho $V' = V/2$

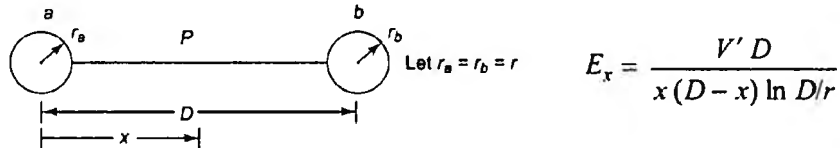
Ka ba liña three phase $V' = V/\sqrt{3}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

196

Voltajen Disruptivu Krítiku



- Gradiente aumenta x hamenus no sei másimu iha konduktor oin n.e. $x=r$

$$g_{\max} = E_r = E_{\max} = \frac{V' D}{r(D-r) \ln D/r} \cong \frac{V'}{r \ln D/r}$$

► Tan ne'e,

$$V' = r g_{\max} \ln D/r$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

197

Voltajen Disruptivu Krítiku

$$V' = r g_{\max} \ln D/r$$

- Bainhira $g_{\max}$ to'o g_0 (breakdown strength of air) anin mate.

$$g_0 = 30 \text{ kV/cm. For AC voltages } g_0 = \frac{30}{\sqrt{2}} = 21.2 \text{ kV (rms)/cm}$$

Iha leten g_0 ba kualker kondisoens (standard), iha kondisaun seluk ruma.

$$g'_0 = g_0 \delta$$

$$\text{where } \delta = \frac{p}{273+t} \cdot \frac{273+25}{760} = 0.392 \frac{p}{273+t}$$

δ mak the relative air density ka air density correction factor

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

198

Voltajen Disruptivu Krítiku

- *voltajen disruptivu krítiku* ka *voltajen insepasaun corona* mak hetan hosi

$$V_d = r g_0 \delta \ln \frac{D}{r} \text{ kV}$$

- Iha ne'e, supozisaun mak konduktor nebe solidu iha oin kabeer, maibe iha kazu prátiku (hanesan ACSR), konduktor sei la iha oin kabeer. Atu konta ba fator irregularidades superfisie m_0 utiliza. Nune'e,

$$V_d = r g_0 \delta m_0 \ln D/r \text{ kV}$$

m_0 = fator irregularidade superfisie ka fator stranding

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

199

Voltajen Disruptivu Krítiku

- fator irregularidade superfisie depende ba state hosi cross section hosi konduktor no state hosi ninia superfisie.
- Ne'e mos konsidera dust no dirt iha superfisie konduktor.
- Valór hosi m_0 lies between 0.8 to 1.
 - $m_0 = 1$ ba smooth, polished, no round conductors
 - $m_0 = 0.92 - 0.98$ ba rough surfaced conductors
 - $m_0 = 0.8 - 0.88$ ba stranded conductors
- Agora bainhira d no r espresa iha cm.

$$V_d = (30 \delta m_0) [r \ln(D/r)] \text{ kV (Peak)}$$

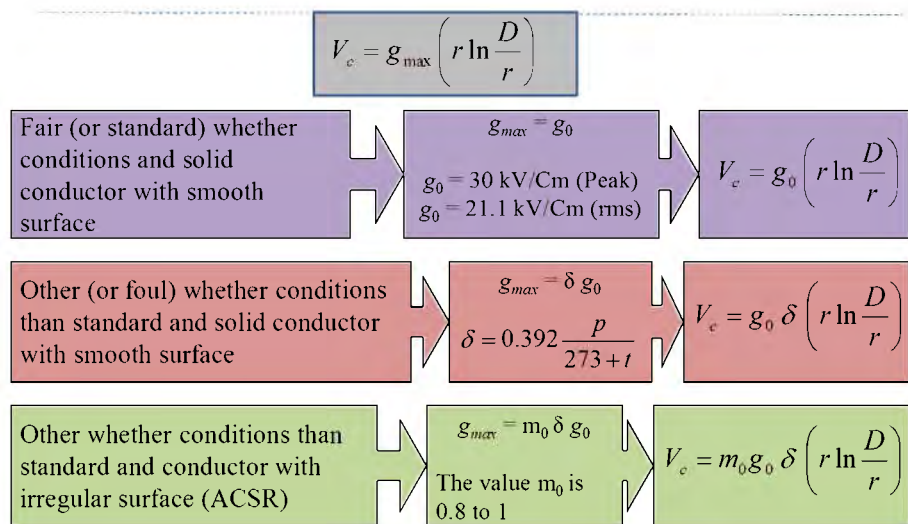
$$V_d = (21.1 \delta m_0) [r \ln(D/r)] \text{ kV (rms)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

200

Voltajen Disruptivu Krítiku



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

201

Vizual Voltajen Disruptivu Krítiku

- Iha voltajen coronal disruptivu krítiku estarta, maibe sei la vizivel. Nia prezisa ionizasaun liután hosi xoke-malu.
- Karik voltajen aumenta aumenta liután iha pontu balun corona sai vizivel. Voltajen idane'e bolu hanesan *vizual voltajen disruptivu krítiku* ka *voltajen insepsaun corona vizual*.
- Voltajen gradiente (g_v) ba corona vizual hetan hosi [Peek]:

$$g_v = g_0 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right) \text{ kV/cm}$$

▶ Tan ne'e, $V_d = g_v m_v r \ln(D/r) \text{ kV}$

$$V_d = g_0 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right) m_v [r \ln(D/r)] \text{ kV}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

202

Vizuál Voltajen Disruptivu Krítiku

- fatór irregularidade superfisie (m_v) differenti hosi m_0 .
- Lokál corona: ba konduktor ho irregular superfisie, vizual corona mosu iha pontu differenti duké superfisie hotu bolu hanesan *corona lokál*.
 - $m_v = 0.72$ ba local visual corona on stranded conductor
 - $m_v = 0.82$ ba general (or decided) corona on stranded conductor
 - $m_v = 1$ ba smooth no polished conductor
- Agora bainhira d no r espresa iha cm.

$$V_d = 30 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right) m_v [r \ln(D/r)] \text{ kV (Peak)}$$

$$V_d = 21.1 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right) m_v [r \ln(D/r)] \text{ kV (rms)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

203

Vizuál Voltajen Disruptivu Krítiku

- fatór irregularidade superfisie (m_v) differenti hosi m_0 .
- Corona lokál : Ba konduktor ho irregularidade superfisie, corona vizuál hamosu iha pontu differenti duké superfisie hotu bolu hanesan *corona lokál*.
 - $m_v = 0.72$ ba corona vizuál lokál iha stranded konduktor
 - $m_v = 0.82$ ba jerál (ka decided) corona iha stranded konduktor
 - $m_v = 1$ ba smooth no polished konduktor
- Agora bainhira d no r espresa iha cm.

$$V_d = 30 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right) m_v [r \ln(D/r)] \text{ kV (Peak)}$$

$$V_d = 21.1 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right) m_v [r \ln(D/r)] \text{ kV (rms)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

204

Voltajen Disruptivu Krítiku

$$V_c = g_{\max} \left(r \ln \frac{D}{r} \right)$$

Critical Disruptive Voltage
or corona inception voltage

$$g_{\max} = m_0 \delta g_0$$

The value m_0 is 0.8 to 1

$$V_c = m_0 g_0 \delta \left(r \ln \frac{D}{r} \right)$$

Visual critical disruptive
voltage or visual corona
inception voltage

$$g_v = g_0 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \delta}} \right)$$

in kV/cm

$$V_d = m_v g_v \left[r \ln \left(\frac{D}{r} \right) \right]$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

205

Corona Loss

- Ionized karega besik superfisie konduktor foti enerjia hosi sistema forneseментu no tan ne'e lakon iha enerjia balun tanba corona.
- Peek's Empirical relasaun ba corona iha kualker kondisaun justu.

$$P_c = 241 \times 10^{-5} \times \frac{f + 25}{\delta} \sqrt{\frac{r}{d}} (V_p - V_c)^2 \text{ kW/phase/km}$$

Iha ne'ebe V_p phase ba operaun voltajen neutru iha kV no f mak frekuensia.

- Ba storm ka foul kualker kondisaun voltajen mak $0.8 V_c$

$$P_c = 241 \times 10^{-5} \times \frac{f + 25}{\delta} \sqrt{\frac{r}{d}} (V_p - 0.8 V_c)^2 \text{ kW/phase/km}$$

Relasaun ne'e rezultadu loos bainhira 1) Corona loss mak predominante 2) Frekuensia lies entre 25 no 125 Hz 3) Ration hosi $V_p/V_c > 1.8$ 4) radius hosi konduktor bootliu duké 0.25 cm.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

206

Corona Loss

- Bainhira ratio $V_p/V_c < 1.8$ Peterson's formula fõ rezultadu diak

$$P_c = \frac{1.11066 \times 10^{-4} f V^2}{(\ln(d/r))^2} F \quad \text{kW/Phase/km}$$

- Iha ne'e F mak corona fatõr determinadu hosi teste depende ba V_p/V_c .

V_p/V_c	1	1.4	1.6
F	0.05	0.3	1

18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

207

Fatóres Afeta Corona

➤ Fatóres Ambiente

- Temperature
- Dust and dirt
- Pressure
- Rain, snow, fog

➤ Fatór Elétriku

- Frequency
- Supply voltage

➤ Liña Konfigurasaun

- Conductor configuration
- Diameter of conductor
- Number of conductor per phase
- Conductor spacing
- Profile of conductor
- Surface condition
- Heating of conductor by load current

18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

208

Fatóres Afeta Corona

➤ Fatóres Ambiente

$$\delta = \frac{p}{273+t} \cdot \frac{273+25}{760} = 0.392 \frac{p}{273+t}$$

$$V_c = m_0 g_0 \delta \left(r \ln \frac{D}{r} \right)$$

$$P_c = 241 \times 10^{-5} \times \frac{f+25}{\delta} \sqrt{\frac{r}{d}} (V_p - V_c)^2 \quad \text{kW/phase/km}$$

- Temperatura:
- Presaun:
- Rai-rahun, rai:
- Udan, salju, embun:

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

209

Fatóres Afeta Corona

➤ Fatór Elétriku

$$\delta = \frac{p}{273+t} \cdot \frac{273+25}{760} = 0.392 \frac{p}{273+t}$$

$$V_c = m_0 g_0 \delta \left(r \ln \frac{D}{r} \right)$$

$$P_c = 241 \times 10^{-5} \times \frac{f+25}{\delta} \sqrt{\frac{r}{d}} (V_p - V_c)^2 \quad \text{kW/phase/km}$$

- Frekuensia
- Voltajen

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

210

Fatóres Afeta Corona

➤ Liña Konfigurasan

$$V_c = m_0 g_0 \delta \left(r \ln \frac{D}{r} \right)$$

$$P_c = 241 \times 10^{-5} \times \frac{f + 25}{\delta} \sqrt{\frac{r}{d}} (V_p - V_c)^2 \text{ kW/phase/km}$$

- Konfigurasan Konduktor
- Diametru hosi konduktor
- Numeru hosi konduktor per phase
- Espasu konduktor
- Perfil hosi konduktor
- Kondisaun surperfisie
- Heating konduktor nian hosi karga korenti

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

211

Merits no Demerits hosi Corona

➤ Merits

- Act as safety valve during lightning and switching surges.
- The waves gets dissipated as corona loss.
- Aplikasoens seluk:
 - Van de Graaff generator, Electrostatic precipitator, Electro printing, Ionization counting, Electrostatic deposition

➤ Demerits

- Corona loss redús efikásia.
- Ionized air hale'u servisu konduktor hanesan hala'o médiu aumenta efetivu diametru hosi konduktor.
- Kapasitansia idane'e aumenta no hamenus surge impedance loading.
- Interferensia ho liñas komunikasan.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

212

Prevensaun hosi Corona

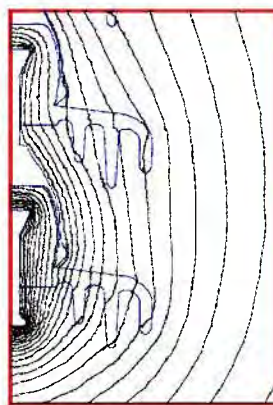
- Konsiderasaun ekonómiku, ne'e advizivel atu harii liña corona karik livre ba hotu-hotu.
- Atu prevene corona loss, voltajen disruptivu kritiku aasliu voltajen phase.
 - Aumenta espasu konduktor
 - Aumenta radius hosi konduktor (Expanded ACSR)
 - Uza hosi konduktors bundled
 - Espasu entre konduktor bundled
 - Isoladores homogenous:
 - Elimina hosi pontus sharp:
 - Uza Corona rings:
 - Tratamentus superfisie:

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

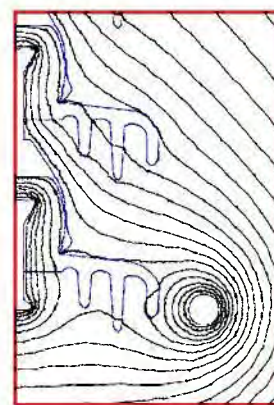
213

Corona Ring



a)

a) contour plots without corona ring



b)

b) contour plots with corona ring

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

214

... SISTEM ENJEÑARIA ENERJIA

UNDERGROUND CABLES

18/6/2013

JICA Ekipo Asistència Tékniku

215

Vantajen hosi Underground Cables

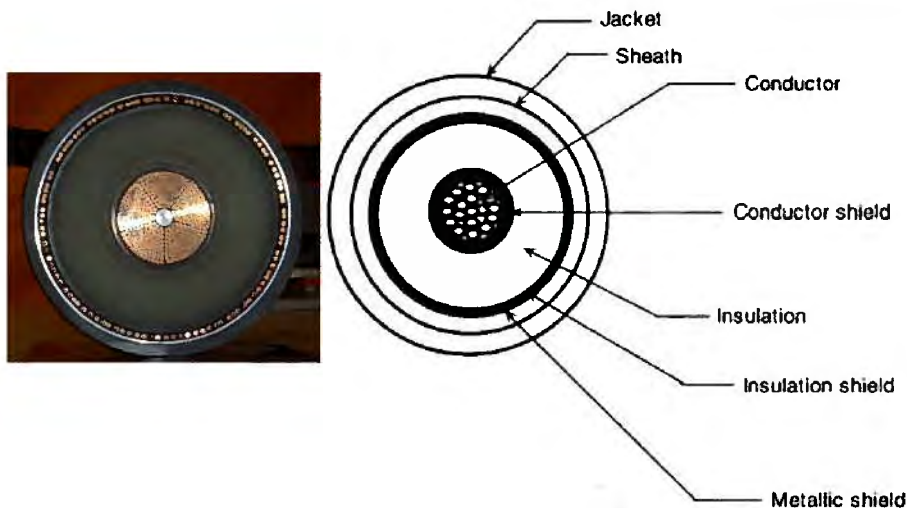
- Underground cables teknikamente vantajen duké liñas overhead
 - La nakloke ba kondisoens ambientál
 - Induktansia inferiór iha fiu entaun voltajen hatún menus
- Maibe, kustu manufatura aas, low heat dissipation no high charging current halo nia antiekonómiku ba distánsia tranzmisaun naruk.
- Cables prefere iha kondisoens tuirmai:
 - Involve seguransa públiku no presiza intreferensia ki'ik
 - Populadu sidades boot
 - Scenic beauty hosi sidade importante
 - Submarine crossing, no subestasaun no ligasoens transformdór

18/6/2013

JICA Ekipo Asistència Tékniku

216

Komponentes hosi Fiu Enerjia



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

217

Komponentes hosi Fiu Enerjia



- *Konduktor* hodi lori korenti
- *Konduktor shield* atu prepara mooth radial electric field
- *Isulasaun* atu izola voltajen aas konduktor
- *Izolasaun shield (optional)* atu prepara smooth radial electric field. Also act as hermitic seal of cable.
- *Metallic sheath and/or plastic jacket* ba protesaun mekániku. Metal sheath proteje fiu hosi bee dalan.
- *Metal wire armoring (optional)* fba protesaun mekániku

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

218

Materialis Utiliza iha Cables

- Konduktore
 - Tembaga (Copper) ka aluminiu
 - Stranded ba fleksibilidade
 - Medida deside hosi kapasidade nebe presiza
 - Temperatura sa'e tenke limite atu evita degradasaun hosi izolasaun
- Material isolator
 - Paper (impregnated)
 - PVC (polyvinyl chloride)
 - Thermoset materials (XLPE, TR-XLPE, EPR)
 - Likidu no gaseous izolasaun

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

219

Isolasi: Paper

- Dry paper mak isolator kualidade kapás maibe lakon karakterístika lalais karik nia sai bokon.
- Dry paper mak hygroscopic, entaun nia tenke taka netik hosi kontaktu anin.
- Nune'e, nia taka ho materialis rezistente bee.
- Repräsentasaun promove hosi impregnating ho mina minerál.
- Nia iha relativu permittivity hosi 3.6 no bele reziste 20kV/mm.
- Ratings: 80°C karega beibei, 130°C overload tempu badak no 200°C ba sirkuitu badak.
- Presiza mekánizmu konjuntu espesial atu asegura apropiadu sealing.
- Todan hosi fiu mós aasliu kompara ho PVC no XLPE

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

220

Izolaun: Materiais Thermoset

- Iha mós materiais synthetic ne'ebe la hamamar, korenti ka hetan estraga bainhira obriga manas no presaun.
- **XLPE (Cross linked polyethylene)**
 - Long chains of polyethylene molecules are linked by carbon atoms.
 - Propriedades elétricu diakliu duké PVC.
 - Uza estensivuliu ba médiu no fiu voltajen aas (up to 500 kV).
 - Bele uza to'o 90°C temperatura konduktor no servisu to'o -40°C.
 - Nia iha relativu permitivamente hosi 2.5 no bele withstand 18 kV/mm.
 - Forsa mekániku diak no ladun todan
- **TR-XLPE (tree retardant XLPE):** Nia iha aditivu espesial ne'ebe reziste tree formation.
- **EPR (Ethylene propylene rubber):** Higher thermal rating, thus higher ampacity. Propriedades dielétriku menusliu duké XLPE

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

221

Izolasaun: Isolasi Likídu no Gaseous

- Iha voids izolasaun solidu mak problema prinsipal ne'ebe estarta parsial deskarga no bele sai avaria.
- Void formation bele prevene liuhosi
 - Monta fiu ho izolamentu gás (N or SF6) iha presaun aas.
 - Uza mina viscosity ki'ik iha (mina mineral) presaun.
- Rezultadu ne'e seguru aasliu presaun elétriku no mós temperatura operasaun permisivel.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

222

➤ temp

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

223

Tipus diferente hosi fiu

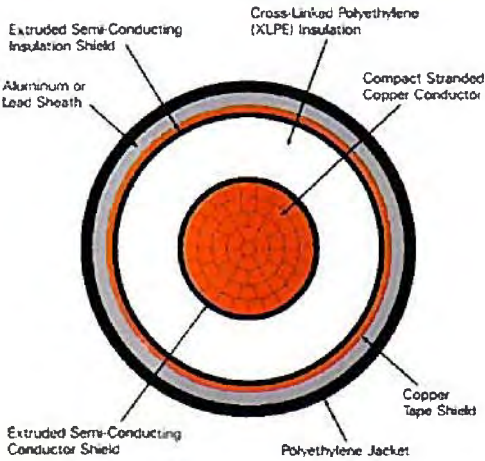
- Belted
- Screened
- Pressure cables

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

224

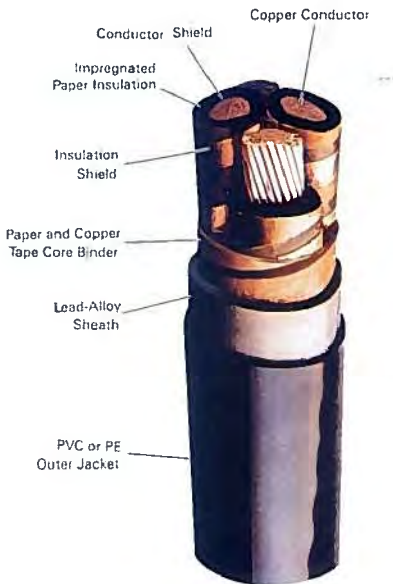
Estrutura Fiu



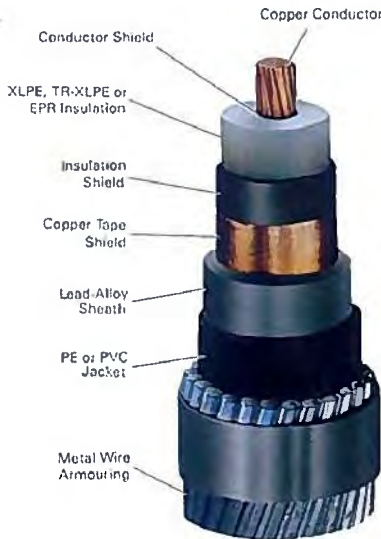
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

225



Paper-Insulated Lead-Covered Cables (PILC)

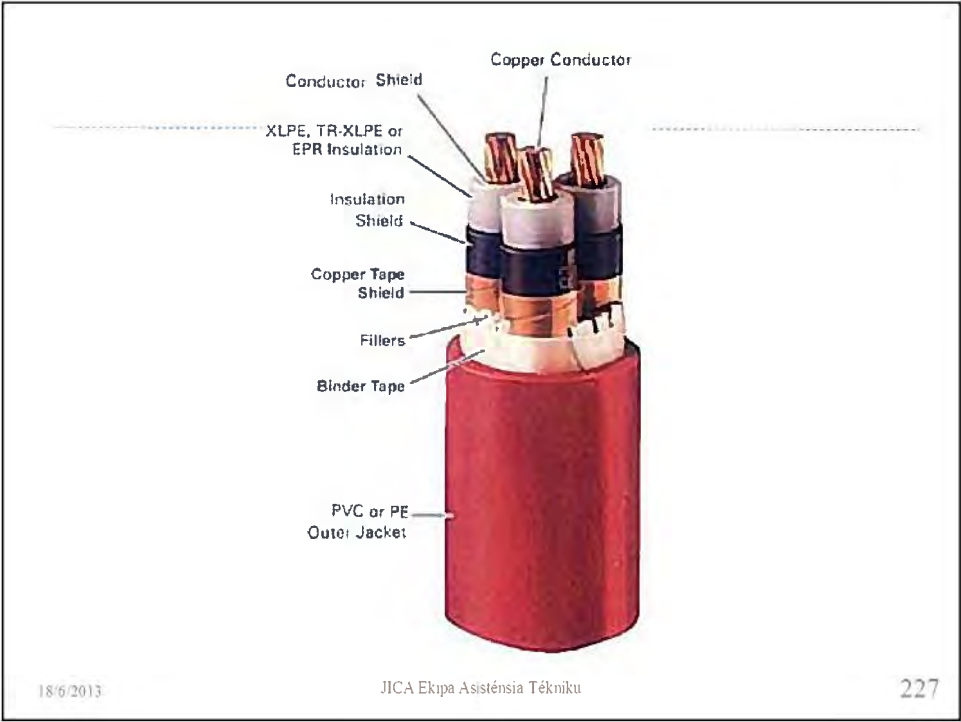


Sub- Marine Cable

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

226



Materials hosi Komponente Fiu

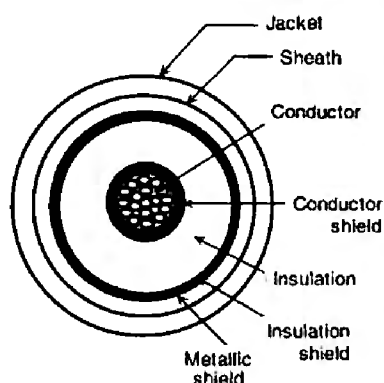
Conductor	Insulation	Shield	Sheath	Jacket	Armor
•Copper or •Aluminum (Stranded)	•Paper •PVC •XLPE •TR-XLPE •EPR •Vulcanized rubber •Polythene	•Semicondu-cting (Insulation with carbon impregnati-on) •Aluminum Copper (tape)	•Lead •Aluminum	•PVC •Polythene •Nylon •Neoprene	•Galvanized steel

18/6/2013

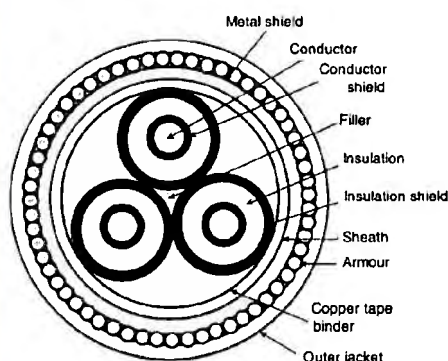
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

228

Single Core no Fiu Three Core



Single Core Cable

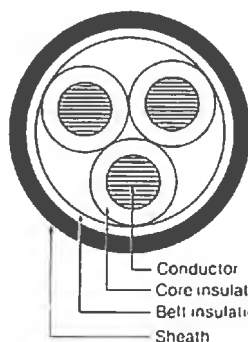
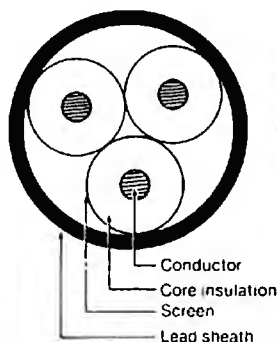
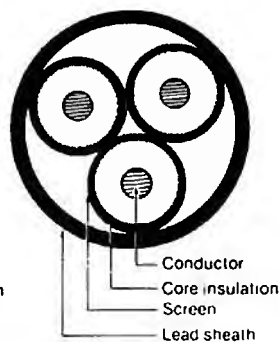
Three Core Cable
(Below 66 kV)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

229

Fiu Belted no Screened ka shielded

**Belted****H-Type Screened****S.L. Type Screened**

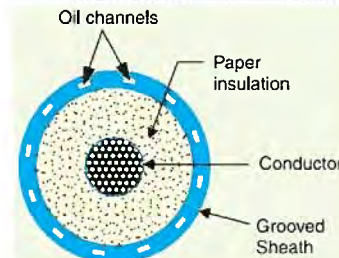
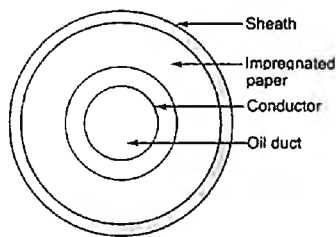
- Fiu belted uza to'o 11 kV.
- Iha tipus rua hosi fiu screened H-Type (Hochstadter) no tipu S.L. type (Separate lead). Uza to'o 33 kV

18/6/2013

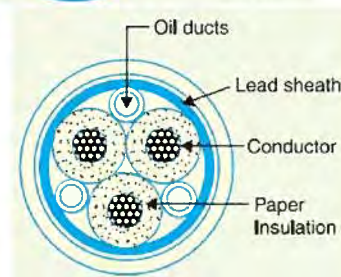
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

230

Pressurized Cable (enxe oli & presaun oli)



- Above 220 kV, ne'e presiza atu evita void formation.
- Voids mak jeneralmente forma hosi cyclic heating no cooling no bele prevene hodi uza oli liuhosi presaun.
- Oil channel is made by spiral steel tape.

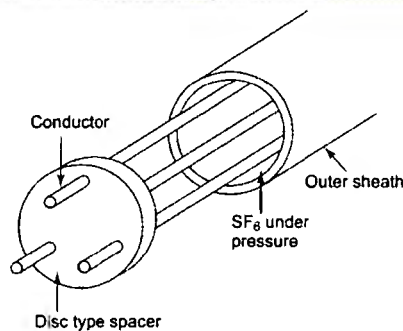
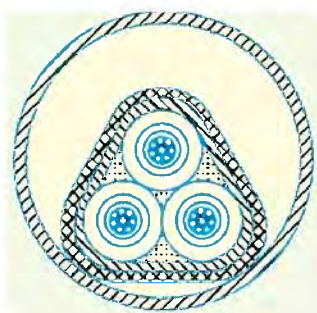


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

231

Gas Pressurized no Gas Filled Cables



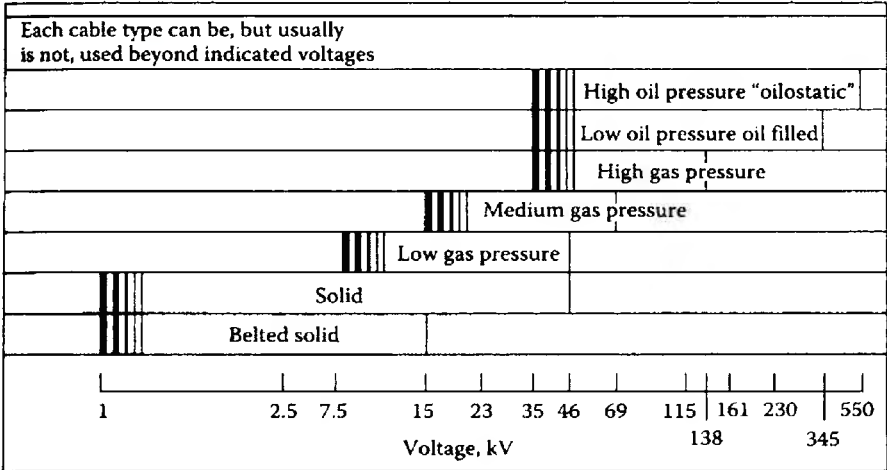
- Prinsipál tipus rua: 1. impregnated gas pressure cable 2. gas filled cables.
- More revolutionary are the cables incorporating cryogenic cooler.
- Uza to'o 132 kV to'o 500 kV

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

232

Operasaun Range hosi fiu



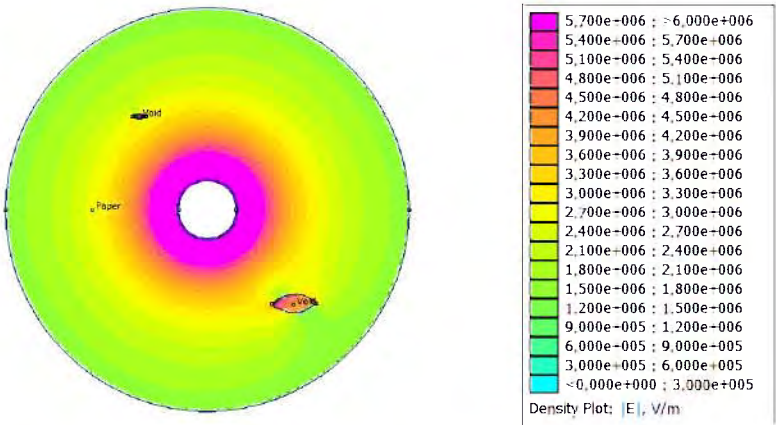
Recommended voltage ranges for various of paper-insulated paper cables.

18/6/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

233

Intensidade Área Elétriku Field ho Voids

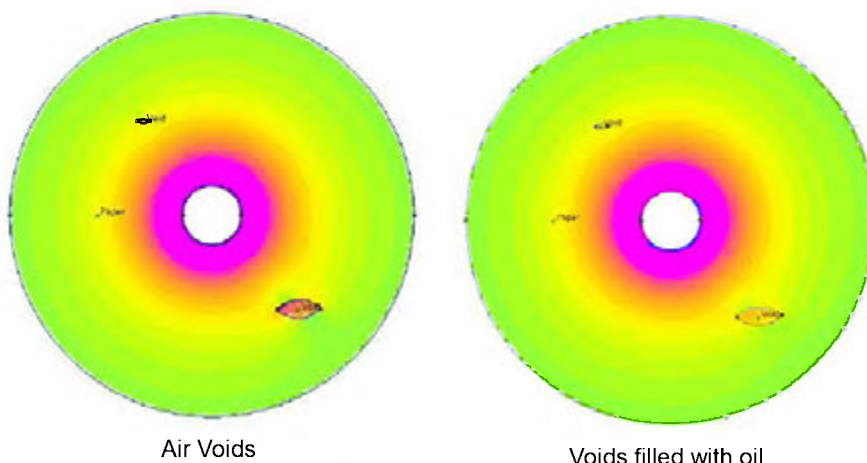


18/6/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

234

Efek hosi Void Permittivity



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

235

Karakterístiku Elétriku hosi Fiu

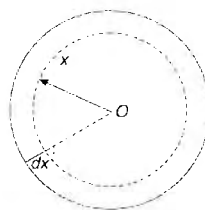
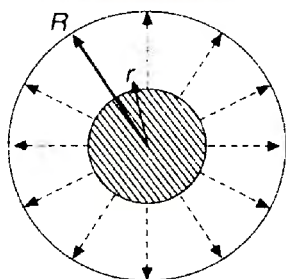
- Rezisténsia isolasi
- Induktansia konduktor
- Kapasitansia fiu
- Presaun elétriku iha isolasi laran
 - Grading hosi fiu
 - Kapasitansia grading
 - Inter-sheath grading
- Dielétriku losses no tan delta (loss tangent)
- Sheath no armor losses

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

236

Rezisténsia Isolasi



- Rezisténsia hosi seksaun ki'ik dx mak $dR_s = \frac{\rho dx}{2\pi x l}$
- Nune'e rezisténsia mak $R_s = \frac{\rho}{2\pi l} \int_r^R \frac{dx}{x} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{R}{r} \text{ ohm}$
- Isolasi kada unidade naruk $R_i = \frac{\rho}{2\pi} \ln \frac{R}{r} \text{ ohm/m}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

237

Induktansia Konduktor

- Ba fiu single core:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{D}{r'} \right) \text{ H/metre}$$

D = separation distance between phase conductors

$r' = 0.7788r$

r = radius of the conductor

- Ba fiu three core:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{D}{r'} \right) \text{ H/metre}$$

D = separation distance between cores

$r' = 0.7788r$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

238

Induktansia hosi Fiu

Formula for inductance

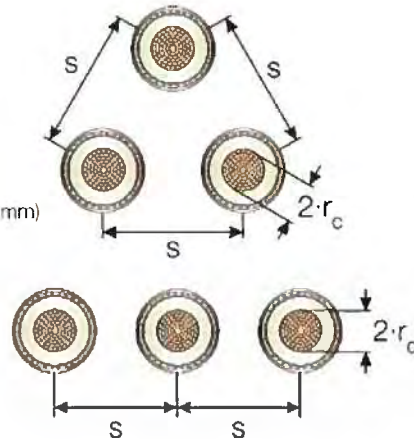
$$L = 0.05 + 0.2 \cdot \ln \left(\frac{K \cdot s}{r_c} \right) \text{ [mH/km]}$$

Where trefoil formation: $K = 1$
 flat formation: $K = 1.26$
 s = distance between conductor axes (mm)
 r_c = conductor radius (mm)

Formula for inductive reactance

$$X = 2\pi f \cdot \frac{L}{1000} \text{ [\Omega/km]}$$

Where f = frequency (Hz)
 L = inductance (mH/km)

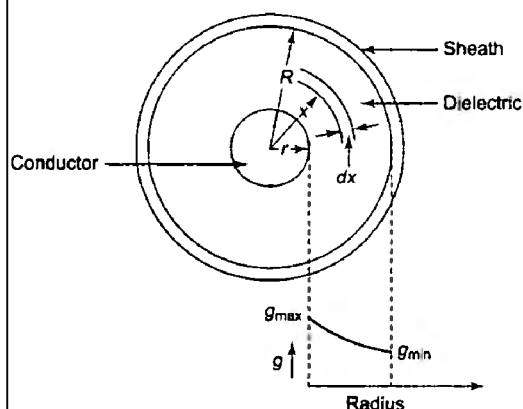


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

239

Induktansia hosi Fiu



$$g = \frac{q}{2\pi kx} \text{ V/m}$$

Therefore, voltage is

$$V = \int_r^R g \cdot dx = \int_r^R \frac{q}{2\pi kx} dx$$

$$V = \frac{q}{2\pi k} \ln \frac{R}{r}$$

Therefore, capacitance between core to sheath

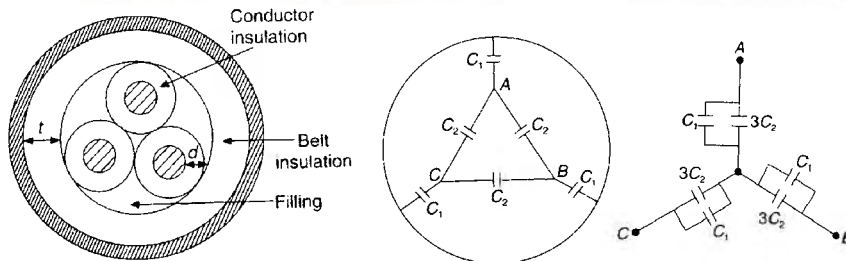
$$C = \frac{2\pi k_0 k_r}{\ln R/r} \text{ F/m}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

240

Kapasitansia hosi Fiu Three Core Belted



$$C_0 (=C_1 + 3C_2)$$

$$C_0 = \frac{0.0298\epsilon_r}{\log_{10}\left(1 + \frac{T+t}{d}\left(3.84 - 1.70\frac{t}{T} + 0.52\frac{t^2}{T^2}\right)\right)} \mu\text{F/km}$$

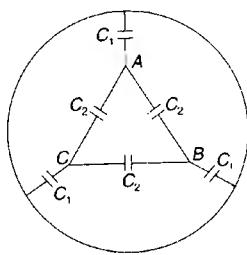
where ϵ_r is the relative permittivity of the insulation, t the thickness of belt insulation, d the diameter of the conductor and T the conductor insulation thickness.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

241

Oinsa atu hetan C1 no C2



Foti sasukat tuirmai:

1. Konduktorez tolu hotu junta hamutuk no sukat kapasitansia entre sheath no konduktorez.

$$C_x = 3C_1 \Rightarrow C_1 = C_x/3$$

1. Liga konduktorez rua no sheath hamutuk no sukat kapasitansia entre sheath no konduktorez nebe iha.

$$C_y = 2C_2 + C_1$$

$$\Rightarrow C_2 = \frac{C_y}{2} - \frac{C_1}{2} = \frac{C_y}{2} - \frac{C_x}{6}$$

Therefore $C_0 = C_1 + 3C_2 = \frac{C_x}{3} + 3\left(\frac{C_y}{2} - \frac{C_x}{6}\right) = \frac{3C_y}{2} - \frac{C_x}{6}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

242

Presaun Elétriku iha Fiu

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{R}{r} \quad \Rightarrow \quad \frac{q}{2\pi\epsilon} = \frac{V}{\ln (R/r)}$$

$$E_r = \frac{q}{2\pi\epsilon x} \quad \Rightarrow \quad E_r = \frac{V}{x \ln (R/r)}$$

- Presaun másimu hamosu iha superfísie konduktor nian

$$E_{\max} = \frac{V}{r \ln (R/r)}$$

- Presaun mínimu hamosu iha superfísie sheath

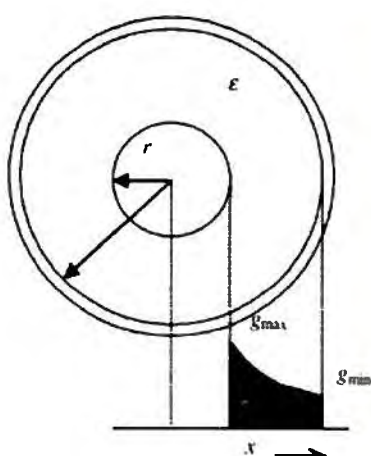
$$E_{\min} = \frac{V}{R \ln (R/r)}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

243

Presaun Elétriku iha Fiu



$$E_{\max} = \frac{V}{r \ln (R/r)}$$

- Optimal radius minimum stress

$$\frac{dE_{\max}}{dr} = 0$$

$$r \times \frac{r}{R} \times \left(-\frac{R}{r^2} \right) + \ln \frac{R}{r} = 0$$

$$\ln \frac{R}{r} = 1 \quad \text{or} \quad \frac{R}{r} = e$$

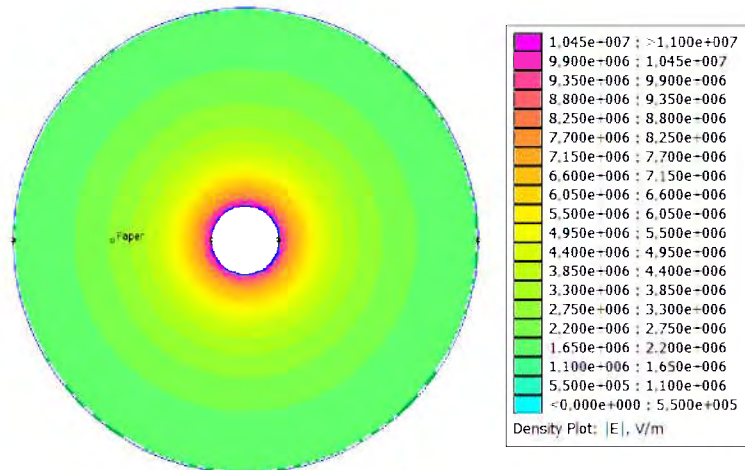
$$E_{\max} = \frac{V}{r} = \frac{Ve}{R} \quad R = 2.718r$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

244

Presaun Elétriku iha Fiu



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

245

Grading hosi Fiu

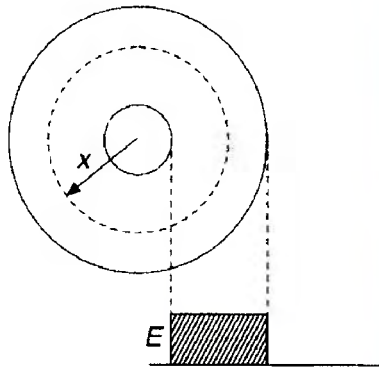
- Área elétriku iha fiu laran la uniforma, másimu iha superfisie konduktor no mínimu iha sheath.
- Nune'e materiál isolator la utiliza lo-loos.
- Isolator besik superfisie konduktor presaun aumenta bainhira presaun menus tebes iha outer diamentru fiu nian.
- Grading nebe uza atu hamenus diferença entre E_{max} no E_{min} .
- Grading bele klasifika liutan to'o kategorias rua.
 - Capacitance Grading
 - Intersheath Grading

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

246

Kapasitansia Grading



Ideal condition for stress in cable

$$E_r = \frac{q}{2\pi\epsilon x} = k$$

Tan ne'e permittivity mak

$$\epsilon = \frac{k_1}{x}$$

Ne'e labele realiza iha pratika durante nia husu numeru infinitu hosi materiais dielétriku ho variadade permittivity.

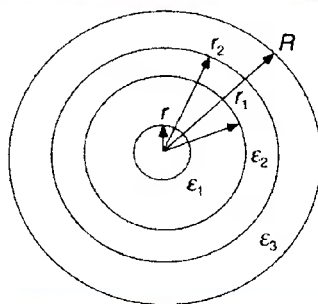
Iha pratika, ne'e bele realiza hosi layers rua ka tolu hosi materiais dielétriku.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

247

Kapasitansia Grading (Ho Fatór Seguransa Hanesan)



➤ Bainhira dezeña fiu $E_{\max} = \frac{G}{F}$

➤ Husik forsa dielétriku hosi materiál mak G_1 G_2 no G_3 korresponde ba ϵ_1 , ϵ_2 , no ϵ_3 no F mak fatór seguransa hanesan ba materiais hotu-hotu.

Layer 1 (ϵ_1)	Layer 1 (ϵ_2)	Layer 1 (ϵ_3)
$\frac{q}{2\pi\epsilon_1 r} = \frac{G_1}{F}$	$\frac{q}{2\pi\epsilon_2 r_1} = \frac{G_2}{F}$	$\frac{q}{2\pi\epsilon_3 R} = \frac{G_3}{F}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

248

Kapasitansia Grading (Ho Fatór Seguransa Hanesan)

$$q = 2\pi\epsilon_1 r \frac{G_1}{F} = 2\pi\epsilon_2 r_1 \frac{G_2}{F} = 2\pi\epsilon_3 r_2 \frac{G_3}{F}$$

$$\epsilon_1 r G_1 = \epsilon_2 r_1 G_2 = \epsilon_3 r_2 G_3$$

➤ Tan $r < r_1 < r_2$ ➡ $\epsilon_1 G_1 > \epsilon_2 G_2 > \epsilon_3 G_3$

➤ Nune'e materiál iha produktu aasliu hosi permittivity no forsa dielétriku tenke tau besik ba konduktor. Operasaun voltajen hosi Fiu nebe fô hosi

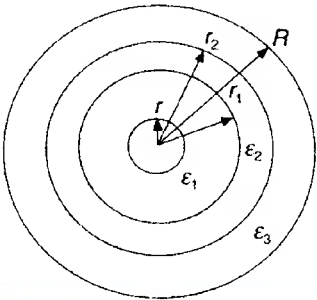
$$V = \int_r^{r_1} E_1 dx + \int_{r_1}^{r_2} E_2 dx + \int_{r_2}^R E_3 dx$$
$$= \frac{q}{2\pi} \left(\frac{1}{\epsilon_1} \ln \frac{r_1}{r} + \frac{1}{\epsilon_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\epsilon_3} \ln \frac{R}{r_2} \right)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

249

Kapasitansia Grading (Ho Fatór Seguransa Hanesan)



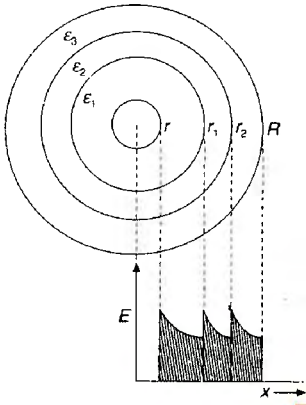
➤ Karik materiais nebe obriga ba presaun másimu hanesan iha r , r_1 , no r_2

Layer 1 (ϵ_1)	Layer 1 (ϵ_2)	Layer 1 (ϵ_3)
$E_{\max} = \frac{q}{2\pi\epsilon_1 r}$	$E_{\max} = \frac{q}{2\pi\epsilon_2 r_1}$	$E_{\max} = \frac{q}{2\pi\epsilon_3 r_2}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

250



$$E_{\max} = \frac{q}{2\pi\epsilon_1 r} = \frac{q}{2\pi\epsilon_2 r_1} = \frac{q}{2\pi\epsilon_3 r_2}$$

$$\epsilon_1 r = \epsilon_2 r_1 = \epsilon_3 r_2$$

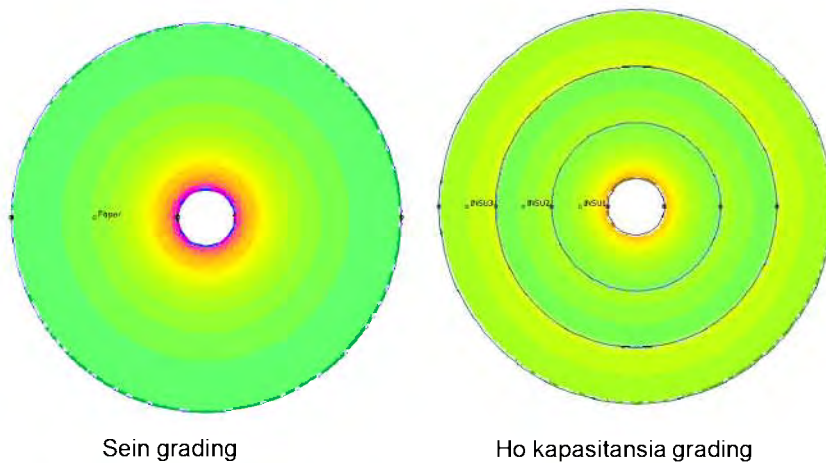
➤ Tan $r < r_1 < r_2$ ➔ $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3$

➤ Nune'e presaun másimu hanesan iha permittivity aasliu presiza atu rai iha superfisie konduktor nian.

$$V = E_{\max} \left(r \ln \frac{r_1}{r} + r_1 \ln \frac{r_2}{r_1} + r_2 \ln \frac{R}{r_2} \right) \text{ volt}$$

18/6/2013 JICA Ekpa Asisténsia Tékniku 251

Kapasitansia Grading

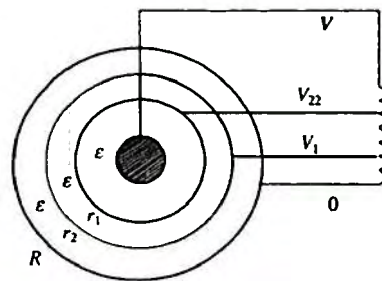


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

252

Intersheath Grading



➤ Metal Sheaths iha radii r_1 no r_2 nebe rai iha potensíal V_1 no V_2 uza transformadór ausiliár.

Layer 1 (V)	Layer 1 (V_1)	Layer 1 (V_2)
$E_{\max} = \frac{V - V_2}{r \ln (r_1/r)}$	$E_{\max} = \frac{V_2 - V_1}{r_1 \ln (r_2/r_1)}$	$E_{\max} = \frac{V_1}{r_2 \ln (R/r_2)}$

18/6/2013

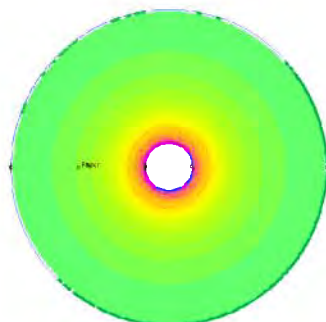
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

253

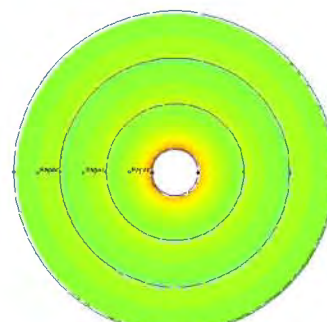
Intersheath Grading

➤ Tan materiál hanesan, presaun másimu mós hanesan:

$$\frac{V - V_2}{r \ln (r_1/r)} = \frac{V_2 - V_1}{r_1 \ln (r_2/r_1)} = \frac{V_1}{r_2 \ln (R/r_2)}$$



Sein grading



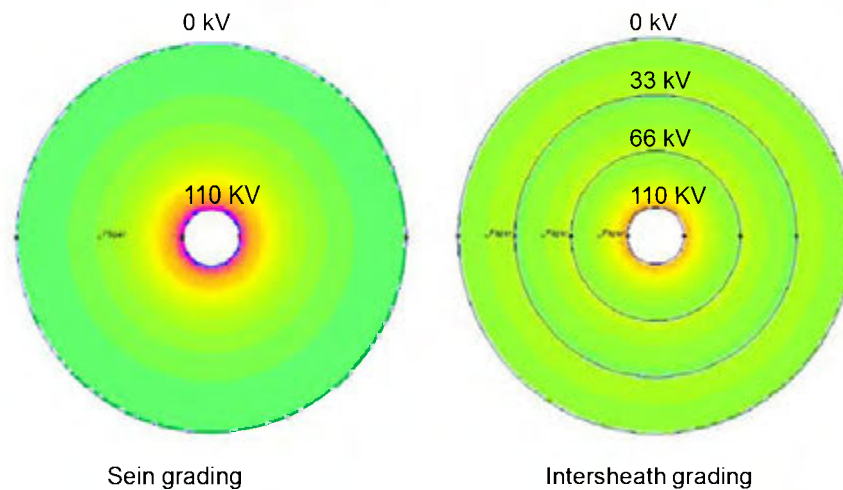
Intersheath grading

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

254

Intersheath Grading



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

255

Grading hosi Fiu

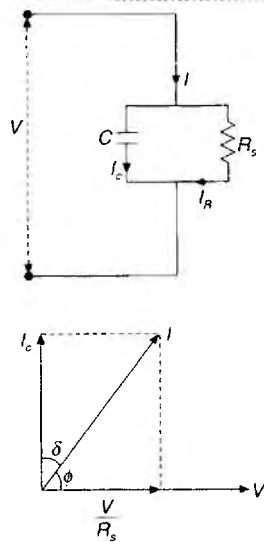
- Jeneralmente la uza ba razocns tuirmai:
 - Non-availability hosi materiál variadade materiais permittivity
 - Mudansa iha permittivity ho tempu
 - Estragu hosi intersheath durante fiu cable laying
 - Korenti karega liuhosi intersheath bele estraga fiu tanba overheating
 - Resonance tanba kapasitansia fiu no induktansia transformadores

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

256

Dielétriku Losses ka Loss Tangent



Enerjia lakon iha rezisténsia leakage

$$P_l = \frac{V^2}{R_s}$$

ba angle ki'ik δ

$$\delta \approx \tan \delta \approx \sin \delta \approx \sin (90 - \phi) = \cos \phi$$

Hosi diagrama phasor

$$\frac{V/R_s}{V\omega C} = \tan \delta \Rightarrow \frac{V}{R_s} = V\omega C \tan \delta$$

Tan ne'e, dielétriku enerjia lakon:

$$P_l = V^2 \omega C \tan \delta = V^2 \omega C \delta \text{ watt}$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

257

Loss Tangent hosi Materiais Diferente

Material	Tan δ
Impregnated Paper	0.01
Oil filled paper insulation	0.004
PVC	0.1
XLPE	0.0004

- Angle lakon depende iha temperatura.
- Roughly nia tuir 'V' kurva, i.e. Angle lakon sei mínimu iha temperatura natoon.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

258

Topiku Seluk

- Avaria iha Fiu Isolator
 - Intrinsic Avaria ka Kuak (puncture):
 - Thermal Avaria:
 - Tracking:
- Sheath no armour lakon

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

259

Sistema Fiu Underground



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

260

AsisténsiaTékniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál (ADN) nian
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus

No.	Konteúdu
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Sistema Tranzmisaun and Distribuisaun
5	Estudu Sistema Enerjia
6	Analiza Korenti Enerjia (Power Flow Analysis)
7	Enerjia Renovavel (Enerjia Photovoltaic)
8	Sistema Protejementu
9	Sistema Operasaun no Kontrolu Enerjia
10	Selukseluk

Konteúdu bele muda depende ba kondisaun.

Ha'u hakarak diskute kona-ba konteúdu ho Sr. Miguel no ITA.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

2

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

3

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

INTRODUSAUN

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

4

Introdusaun

- Sistema Enerjia iha divizaun importante tolu viz. Produsaun, Tranzmisaun no Distribuisaun. Sistema Tranzmisaun liga entre estasaun produsaun no sistema distribuisaun sira. Sistema distribuisaun liga hotu liñas tranzmisaun iha subestasaun sira.
- Sistema elétriku AC dezenvolve iha tinan 1885 iha US. To'o tinan 1917 sistema hira ne'e opera nafatin hanesan unidades individu. Ho karga aumenta no aumenta iha reklamasaun ba reliabilidade, interkoneksaun entre sistema besik sira estarta aumenta ba dadaun.
- Interkoneksaun ekonomikamente fô-vantajen tanba mesin utoan presiza hanesan rezerva (rezerva kapasidade) ba operaun hodi foti kargas no mesin utoan la'o sein karga (rezerva spinning) mak presiza atu kuida karga nebe derepenti aumenta.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

5

Introdusaun

- Maibe interkoneksaun lori problemas foun barak. Nia aumenta montante korenti nian ne'ebe suli bainhira sirkuita badak mosu iha sistema ida, ne'ebe presiza instalasaun hosi breakers hosi kapasidade aasliu rahun. Disturba mosu hosi sirkuitu badak iha sistema ida bele kose ba sistema interkoneksaun anaunserke sistema protesaun própriu nebe prepara iha pontu interkoneksaun nian. Satán, mesin synchronous hosi sistema ida tenke iha pasu nafatin ho mesin synchronous hosi sistema interkoneksaun sira seluk.
- Nune'e klaru katak ba operaun reliabel hosi sistem enerjia hotu iha leten koñesidiu no lokaliza. Koñesimentu ne'e hetan liuhosi estudus Sistema Enerjia, hosi partes ne'ebe mak –
 - 1) Estuda Fallansu
 - 2) Estuda Karga Korenti no
 - 3) Estuda Estabilidade

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

6

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

ESTUDU FALLANSU

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

7

Estudu Fallansu

- Bainhira fallansu ida mosu, korenti imediatu suli (Konrenti Sub-Transient) liuhosi elementu diferente hosi Sistema Enerjia la hanesan ho nebe suli habelar hosi korenti iha kondisaun operasaun normal (Kondisaun Korenti Metin). Selesaun hosi breaker sirkuitu depende iha pozisaun partikulár ruma, parte ida hosi kapasidade nominál kondisaun korenti metin, to'o
 - 1) Korenti Sub-Transient, ne'ebe breaker tenke reziste
 - 2) Korenti Transient ne'ebe breaker tenke teri netik
- Estudus fallansu determina korenti hirak ne'e ba tipus oioin hosi fallansu iha fatin oioin hosi sistem. Data hetan hosi kalkulasaun fallansu nebe mós utiliza atu determina manutensaun hosi relay sira.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

8

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA ESTUDU KARGA KORENTI

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

Estudu Karga Korenti

- Iha redi elétriku ida, enerjia suli liuhosi elementu ruma depende ba diferença sasukat no phase angle hosi voltajen across elementu. Portantu mudansa iha karga ka voltajen rasik ba alterasaun iha redi lidera atu troka enerjia suli liuhosi elementu.
- Liuhosi estudu idane'e, voltajen, corenti, enerjia ativu, enerjia reativu no fatór enerjia iha pontu oioin iha redi nebe determina iha metodu oioin hosi operasaun sistema enerjia. Estuda karga korenti esensiál mós iha planeamentu dezvoltamentu futuru / alterasaun sistema enerjia nian.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

ESTUDU ESTABILIDADE

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

Estudu Estabilidade

- Bainhira jeradór synchronous ida halai iha paraleru ho jeradór/es seluk, produsaun enerjia depende ba –
 - i) Sasukat hosi ninia voltajen internu prodús
 - ii) Phase angle hosi voltajen ne'e w.r.t. voltajen prodús hosi jeradór/es seluk
 - iii) Karakteristikas hosi redi
- Bainhira mudansa iha karga ida mosu, jeradores hotu liga ba sistema sei responde ba mudansa ho ajusta sasuka no ka phase angle hosi voltajen prodús. *Estabilidade voltajen* mak abilidade hosi sistema enerjia ida atu mantein sasukat voltajen aseitavel metin iha buses hotu iha sistema liuhosi kondisaun operasaun normal no hafoin nia sai ba disturbansia ida.
- Phase angles hosi voltajen prodús depende ba pozisoens relativu hosi rotors mesin nian. Karik phase angle hosi voltajen hirak ne'e jera troka kontinuantemente no progresivamente tuir sira seluk, satisfatóriu operaun sei imposivel. Rator *Estabilidade angle* mak abilidade hosi mesin nterkoneksaun synchronous atu sinkronizmu nafatin.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

FALLA NSU SIMÉTRIKU THREE PHASE IHA TERMINÁL JERADÓR

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

13

Fallansu Simétriku Three Phase iha Terminál Jeradór

- Bainhira sirkuitu badak ida aplika ba terminál sira hosi jeradór synchronous, rezisténsia inisiál ba fallansu korenti nebe ofere hosi reasaun sub-transient (X_d'') hosi mesin. Ho tempu nebe lao (siklus uitoan) reasaun armature lao no rezisténsia foun ida aasliu nebe fô hosi reasaun transient (X_d') hosi mesin. Karik kondisaun permite atu kontinua ba tempu balun tan (siklus barak balun), rezisténsia ba fallansu korenti aumenta liután no oforese hosi reasaun synchronous (X_d) hosi mesin.
- Hosi koñesimentu hosi sudden energizing hosi series RL circuit ita hatene katak depende ba switching keda, DC ladietamente komponente hosi korenti nebe introdús no total korenti mak komponente AC superimposed konaba komponente DC.

$$i = \{V_{\max} / |Z|\} \{ \sin(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-Rt/L} \sin(\alpha - \theta) \}$$

- Dezde voltajen phases nian hosi mesin three phase dezlokadu hosi 120° hosi idaidak seluk, sirkuitu badak mosu iha pontus diferente iha gelombang volatajen hosi phase idaidak. Ba razaun idane'e komponente DC korenti nian diferente kada phase. Karik komponente DC korenti nian hasai hosi phase idaidak, rezultadu gelombang ba phase idaidak hanesan hatudu iha kraik;

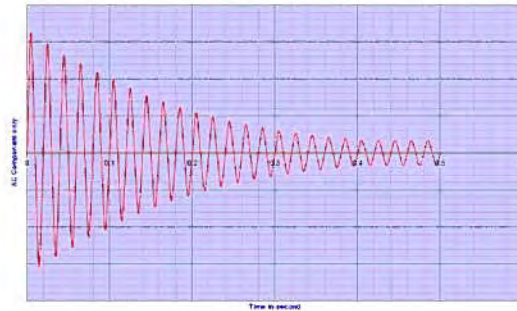
18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

14

Fallansu Simétriku Three Phase iha Terminál Jeradór

Short Circuiting of Generator



- Hosi leten ne'e klaru katak, sirkuitu badak iha terminál jeradór lidera ba fallansu korenti ne'ebe diminui ho tempu. Ba siklus primeiru uitoan, fallansu korenti valór másimu no bolu nu'udar fallansu korenti sub transient akompaña hosi fallansu korenti transient. Fallansu korenti kontinuantemente diminui to'o fallansu korenti estavel bolu nu'udar kondisaun metin fallansu korenti nebe to'o. bazeia ba estudu objetivu, relevante reasaun no ne'e-duni relevante fallansu korenti nebe konsidera.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

15

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

SISTEMA PER-UNIDADE

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

16

Introdusaun

- Iha sistema enerjia iha elementus diferete barak hanesan Motores, Jeradores no Transformadores ho medida oioin no valores nominál.
- Atu bele kompara lala'ok hosi elementu kiik no boot, kada sistema unidade utiliza.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

17

Reprezentasaun Sistema Enerjia

- Komponentes Fiziku iha sistema mak representa hosi modelu matemátiku.
- Modelus matemátiku hosi componentes nebe liga loloos maneira hanesan componentes fiziku atu hetan sistema representasaun.
- Komponentes fiziku oioin iha ratings ka basis diferente.
- Ne'e konveniente atu hetan representasaun ho respeitu ba baze baibain.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

18

Reprezentasaun Porsentu no Per Unidade

- Numérikus valór ***per unit*** hosi kuantidade ruma mak ninia ratio atu hili baze kuantidade hosi dimensoens hanesan.
- Portantu kuantidade per unidade mak normaliza kuantidade ho respeito ba baze valór nebe hili.
- Porsentu mak kuantidade per unidade dikalikan dengan 100.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

19

Vantajen

- Iha sistema per-unidade hosi reprezentasaun, eskema parameters baibain monu relativamente fixed range, halo erroneous valores prominente.
- Transformadores ideal mak elimina hanesan elementus sirkuitu. Rezultadu ne'e salva barak iha reprezentasaun komponente no redús computational burden.
- Eskala voltajen liuhosi sistema enerjia nebe fó relativamente taka atu unida iha sistema per-unit ba operasaun sistema enerjia normalmente. Karakterístiku idane'e prepara revista di'ak iha kalkulasaun.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

20

Baze Kuantidades(1)

- Iha kalkulasaun sistema enerjia voltajen nominál hosi liñas no ekipamentu kuaze koñesidu nafatin, tantu voltajen mak baze valór koveniente ida atu hili.
- Aparente enerjia (volt-ampere) baibain nebe hili hanesan baze segundu. Iha ekipamentu kuantidade ne'e mak baibain hatene no halo baze konveniente ida.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

21

Baze Kuantidades(2)

- Opsaun hosi baze kuantidades rua ne'e sei automaticamente hadia baze korenti nian, impedance, no admittance.
- Iha sistema estudu, baze volt-ampere bele hili sai valór konveniente ruma hanesan 100 MVA, 200 MVA, nst.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

22

Baze Kuantidades(3)

- Baze volt-ampere hanesan nebe uza iha partes hotu hosi sistema. Baze voltajen ida iha parte espesífiku hosi sistema mak selected arbitrarily. Baze voltajen hotu seluk tenke relasiona ba arbitrarily selected ida hosi turns ratio hosi koneksaun transformadores.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

23

Sistem Per Unidade(1)

- Sistema kuantidades enerjia hanesan voltajen, korenti no impedance mak dalaruma espresa iha per unidade ka porsentu hosi valores espesífiku.
- Kuantidades per unidade mak kalkula hanesan:

$$\text{Per Unit Value} = \frac{\text{Actual Value}}{\text{Base Value}}$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

24

Sistema Per Unidade(2)

➤ Per Unit Values

$$S_{pu} = \frac{|S|}{S_{base}} \quad I_{pu} = \frac{|I|}{I_{base}} \quad V_{pu} = \frac{|V|}{V_{base}} \quad Z_{pu} = \frac{|Z|}{Z_{base}}$$

➤ Conversion of Per Unit Values

$$Z_{pu} = \frac{|Z|}{Z_{base}} = \frac{S_{base}}{V_{base}^2} |Z|$$

$$|Z| = Z_{base} Z_{pu} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}} Z_{pu}$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

25

Sistema Per Unidade(3)

- Baibain, aparente enerjia nominál (S) no voltajen nominál (V) mak foti nu'udar baze valores ba enerjia (S_{base}) no voltajen (V_{base}).
- Baze valores ba korenti (I_{base}) no impedance (Z_{base}) bele kalkula bazeia ba baze volores rua primeiru.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

26

Sistema Per Unidade(4)

$$Z_{\%} = \frac{Z_{\text{actual}}}{Z_{\text{base}}} \times 100\%$$

- Porsentu impedance
- e.g. iha jeradór synchronous ida ho 13.8 kV hanesan nini voltajen nominál, instead of saying the voltajen mak 12.42 kV, ami hateten voltajen mak 0.9 p.u.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

27

Per Unit iha Sirkuitu 3phase(1)

- Simplifika:
 - Preokupasaun konaba utiliza phase ka liña voltajen mak hasai iha sistema per-unidade
 - Valores réal hosi R , X_C no X_L ba liñas, cables, no ekipamentu elétriku seluk tipikamente valores phase
 - Ne'e konveniente atu iha termus hosi baze VA (baze volt-amperes)

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

28

Per Unit iha Sirkuitu 3phase(2)

- Baibain, 3-phase S_B ka MVA_B no liña-ba-liña V_B ka kV_B nebe hili
- I_B no Z_B dependente iha S_B no V_B

$$S_B = \sqrt{3}V_B I_B \quad V_B = \sqrt{3}I_B Z_B$$

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3}V_B}, \quad Z_B = \frac{V_B / \sqrt{3}}{I_B} = \frac{(V_B)^2}{S_B}$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

29

Mudansa hosi Baze(1)

- Impedance hosi individu jeradór & transformdór, jeralmente iha termus porsentu/per unit bazeia ba sira nia ratings.
- Impedance hosi liña tranzmisaun iha valór ohmic.
- Bainhira parte ekipamentu nian ho ratings oioin diferente nebe liga ba sistema ida, ne'e nesesariu atu konverta impedances ba valór per unit nebe espresa iha baze hanesan.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

30

Mudansa hosi Baze(2)

Z_{pu}^{old} be the per unit impedance on the power base S_B^{old}

& voltage base V_B^{old}

$$Z_{pu}^{old} = \frac{Z_{\Omega}}{Z_B^{old}} = \left(\frac{S_B^{old}}{(V_B^{old})^2} \right) \bullet Z_{\Omega}$$

1

Z_{pu}^{new} be the new per unit impedance on the new power base S_B^{new}

& new voltage base V_B^{new}

$$Z_{pu}^{new} = \frac{Z_{\Omega}}{Z_B^{new}} = \left(\frac{S_B^{new}}{(V_B^{new})^2} \right) \bullet Z_{\Omega}$$

2

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

31

Mudansa hosi Baze(3)

➤ Hosi (1) no (2), relasaun entre valór per unit tuan no foun

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \left(\frac{S_B^{new}}{S_B^{old}} \right) \left(\frac{V_B^{old}}{V_B^{new}} \right)^2$$

➤ Karik baze voltajen mak hanesan,

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \left(\frac{S_B^{new}}{S_B^{old}} \right)$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

32

General Relations Between Circuit Quantities

Y-Connection

$$Z_Y = \frac{V_{LN}}{I_L} = \frac{V_{LL} \angle -30^\circ}{\sqrt{3}} * \frac{\sqrt{3} V_{LL}}{S_{3\phi}} = \frac{V_{LL}^2 \angle -30^\circ}{S_{3\phi}}$$

Δ-Connection

$$I_D = \frac{I_L \angle 30^\circ}{\sqrt{3}} = \frac{V_{LL}}{Z_D} = \frac{S_{3\phi} \angle 30^\circ}{3V_{LL}}$$

$$Z_D = \frac{V_{LL}}{I_D} = \frac{\sqrt{3} V_{LL} \angle -30^\circ}{I_L} = \sqrt{3} V_{LL} \angle -30^\circ * \frac{\sqrt{3} V_{LL}}{S_{3\phi}} = \frac{3V_{LL}^2 \angle -30^\circ}{S_{3\phi}}$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

33

Baze Konversaun

$$Z_{pu(new)} = Z_{pu(old)} * \frac{MVA_{base(new)}}{MVA_{base(old)}} * \frac{KV_{base(old)}^2}{KV_{base(new)}^2}$$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

34

Ezemplu Ida: Baze Konversaun

- A 50-MVA, 34.5:161 kV transformadór ho 10% reactance liga ba sistema enerjia iha ne'ebe valores impedance seluk hotu iha 100 MVA, 34.5 ka 161 kV base. Reactance hosi the transformdor iha baze foun mak:

$$Z_{pu(new)} = 0.1 * \frac{100}{50} * \frac{KV_{base(old)}^2}{KV_{base(new)}^2} = 0.2$$

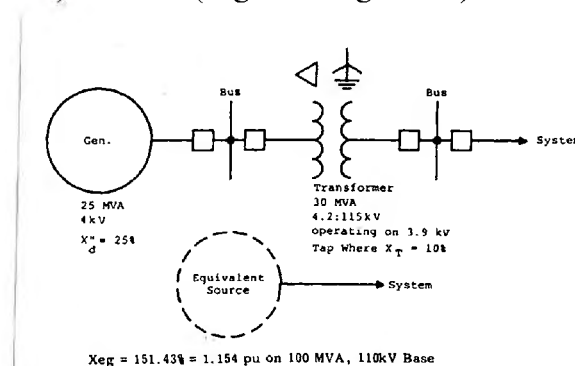
18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

35

Ezemplu Rua: Baze Konversaun

- Jeradór no transformadór, hanesan hatudu iha kraik, atu konjunta ba single equivalent reactance iha 100 MVA, 110 kV (high voltage side) base.



18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

36

Vantajen Sira(1)

- Signifik tebes bainhira kompara nivel voltajen diferente sira
- Per unit ekivalente impedance hosi transformadór hanesan nafatin bainhira refere ba parte primáriu ka sekundáriu mos.
- Per unit impedance hosi transformadór iha sistema three-phase hanesan, nune'e mos koneksaun winding

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

37

Vantajen Sira(2)

- Manufaturas baibain espesifika impedance ekipamentu nian iha per unit ka porsentu iha baze hosi ninia nameplate ratings
- Per unit impedance valores hosi ratings oioin hosi ekipamentu monta iha narrow range

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

38

Vantajen Sira(3)

- Sirkuitu transformadór ekivalente bele simplifika ho espesifikasaun baze kuantidades didi'ak.
 - Fó idea klaru hosi eskala relativu hosi kuantidades oioin hanesan voltajen, korenti, enerjia no impedance.
 - Evita possibilidade hodi halo kalkulasaun sala sériu bainhira refere kuantidades hosi parte transformadór nian ida ba seluk.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

39

Vantajen Sira(4)

- Per-unit impedances ekipamentu elétriku nian hosi tipu hanesan baibain monta iha narrow numerical range laran bainhira ratings ekipamentu utiliza nu'udar baze valores.
 - Manufaturas baibaib espesifika impedances hosi mesín no transformadór iha per-unit ka porsentu iha nameplate rating.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

40

Vantajen Sira(5)

- Leis sirkuitu validu iha sistemas per unidade, no enerjia no ekuasaun simplifika dezde fatór $\sqrt{3}$ no 3 elimina ona iha sistemas per unidade.
- Ideál hodi informatizadu analiza no simulasaun hosi problemas kompleksu sistema enerjia.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

41

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

KALKULASAUN HOSI FALLANSU KORENTI IHA REDI IDA

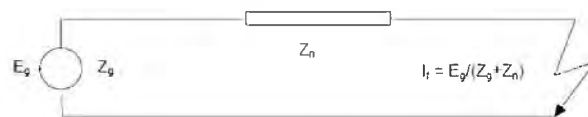
18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

42

➤ Bainhira fallansu ida mosu iha redi ida, fallansu korenti determidu hosi

- i) internj emfs (electromotive force) hosi mesin sira iha sistema,
- ii) sira-nia impedances
- iii) impedances iha redi entre fallansu no mesin sira



➤ Alternativamente Fallansu MVA = Base MVA / PU Impedance.

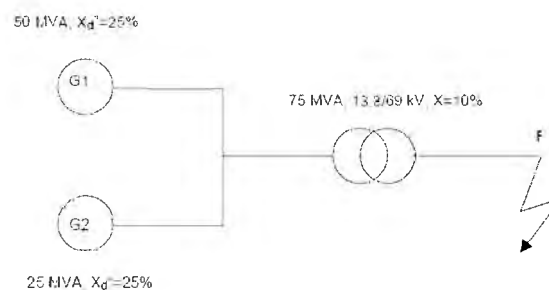
18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

43

Ezemplu

Ba redi nebe hatudu iha kraik, hetan fallansu korenti, voltajen iha primáriu terminál hosi transformadór no terminál jeradór sira ba fallansu simétriku three phase iha pontu F. mós hetan kontribuisaun hosi fallansu korenti hosi jeradóres. Ignora impedances hosi liñas.



18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

44

Solusaun

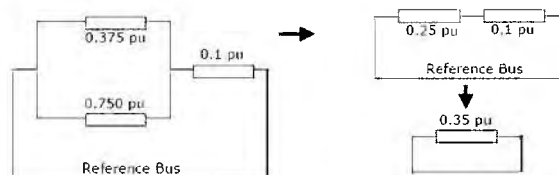
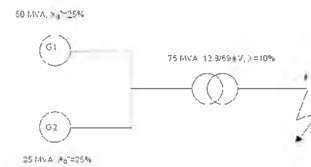
Let us choose Base MVA = 75
The new Per-Unit impedances of the elements on new Base of 75 MVA are as under:

$$X_{d'} \text{ of } G1 = 0.25 * 75/50 = 0.375 \text{ pu}$$

$$X_{d'} \text{ of } G2 = 0.25 * 75/25 = 0.750 \text{ pu}$$

$$X \text{ of transformer} = 0.1 \text{ pu}$$

Reactance diagram of the system is as under



$$\text{Fault MVA} = 75 / 0.35 = 214 \text{ MVA}$$

$$\text{Fault Current} = 214 * 1000 / (\sqrt{3} * 69) = 1.79 \text{ kA}$$

$$\text{Fault Current} = E_a / \text{PU } Z = 1 / 0.35 \text{ PU}$$

$$\text{Fault Current} = 2.857 \text{ PU}$$

$$= 2.875 * \sqrt{3} * 75 * 1000 / 69$$

$$= 1.79 \text{ kA}$$

18/6/2013

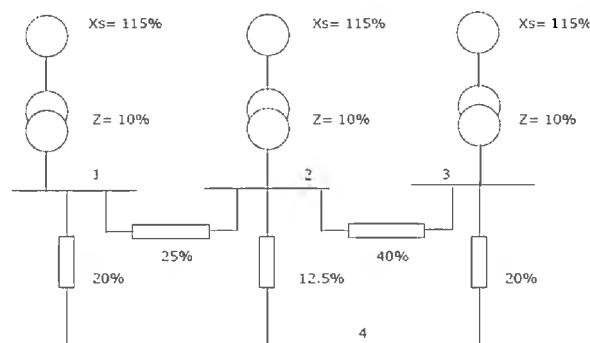
JICA Technical Assistance Team

45

Kalkulasaun fallansu hosi metodu deskreve to'o agora laborious & time consuming ba redi real ne'ebé boot no komplikadu iha natureza.

Iha ne'e ami sei dezenvolve metodus ba formasaun hosi redi ekuasaun sira.

Mai ita konsidera redi tuirmai (Impedances on same base)

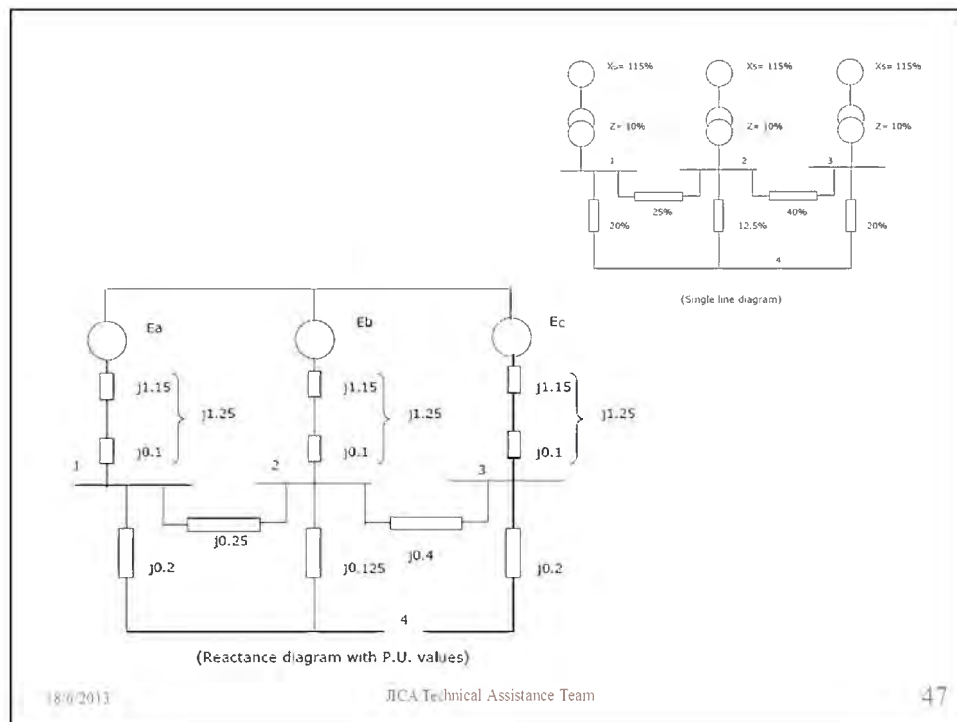


(Single line diagram)

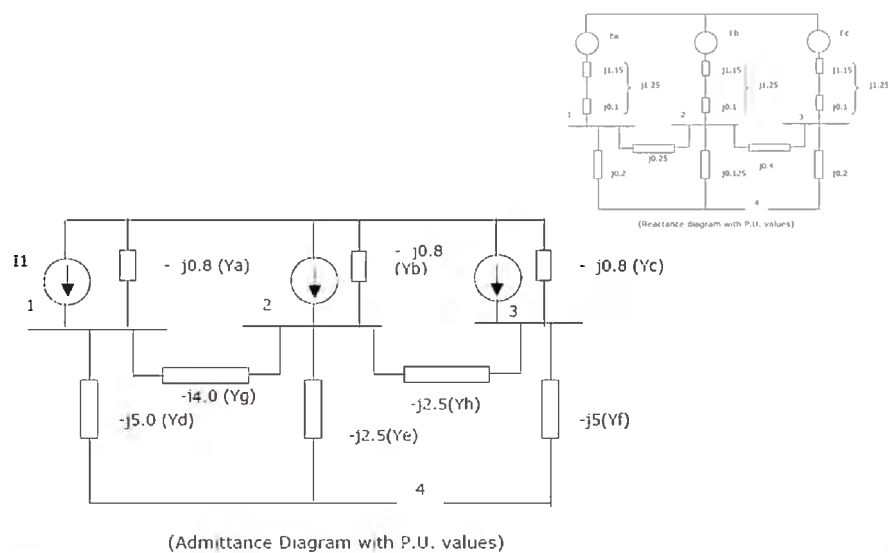
18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

46



Troka fonte voltajen no series impedances hosi fonte korenti ekivalente no shunt admittances (shunt admittance = $1 / \text{series impedance}$)



Applying Kirchhoff's current law at Bus 1

$$I_1 = V_1 Y_a + (V_1 - V_2) Y_g + (V_1 - V_4) Y_d$$

$$= V_1 (Y_a + Y_g + Y_d) - V_2 Y_g - V_4 Y_d$$

$Y_a + Y_g + Y_d$ = Self admittance of Bus 1 = Sum of all admittances connected to Bus = Y_{11}

- Y_g = Mutual admittance between Bus 1 & 2 = Y_{12}

- Y_d = Mutual admittance between Bus 1 & 4 = Y_{14}

0 = Mutual admittance between Bus 1 & 3 = Y_{13}

$$\text{Hence } I_1 = Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2 + Y_{13} V_3 + Y_{14} V_4$$

The general equation in Matrix form is

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix}}_{Y \text{ Bus}} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix}$$

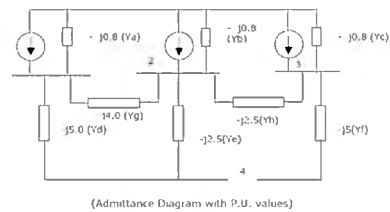
$$I = Y_{\text{bus}} V$$

Premultiplying both sides by Y_{bus}^{-1}

$$V = Y_{\text{bus}}^{-1} I = Z_{\text{bus}} I \quad (\text{as } Y_{\text{bus}}^{-1} = Z_{\text{bus}})$$

In Matrix form,

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} \\ Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} \end{bmatrix}}_{Z \text{ Bus}} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix}$$



18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

49

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

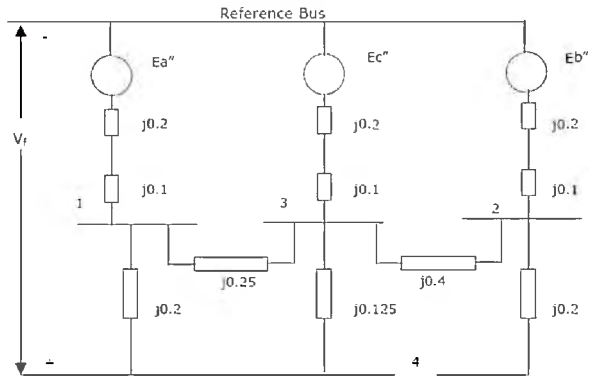
UZA HOSI BUS IMPEDANCE MATRIX IHA KALKULASAUN FALLANSU

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

50

Ita agora atu simulasi fallansu simétriku three phase iha Bus 4 hosi ita-nia redi. Hanesan ita-nia objetivu atu deskobre subtransient fault current, ami sei troka synchronous reactances hosi jeradór subtransient reactances no no karga prodús voltajen hosi sub transient voltajen internu hosi mesin hanesan okos. Husik voltajen hosi Bus 4 be V_f .

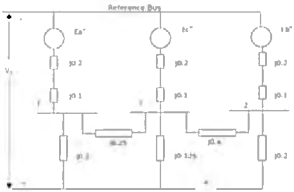


18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

51

Ami agora atu troka reactances hosi admittances hanesan iha kraik no simulasi short circuit ho ligasaun - V_f in series with V_f . Let the fault current be I_f'' .



If E_a'' , E_b'' , E_c'' and V_f entering at Bus 4 is $-V_f$
Hence our Matrix eq.

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_f'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -12.33 & 0 & 4.0 & 5.0 \\ 0 & -10.83 & 2.5 & 5.0 \\ 4.0 & 2.5 & -17.83 & 8.0 \\ 5.0 & 5.0 & 8.0 & -18.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1' \\ V_2' \\ V_3' \\ -V_f \end{bmatrix}$$

($I = Y_{bus} V$)

Where V_1' , V_2' and V_3' are the change in voltages due to fault.

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

52

Premultiply both sides by Y_{bus}^{-1} ,

$$\begin{bmatrix} V_1' \\ V_2' \\ V_3' \\ -V_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & & \\ & Z_{bus} & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -I_f'' \end{bmatrix}$$

Where $Z_{bus} = \begin{bmatrix} 0.1488 & 0.0651 & 0.0864 & 0.0978 \\ 0.0651 & 0.1554 & 0.0799 & 0.0967 \\ 0.0864 & 0.0798 & 0.1341 & 0.1058 \\ 0.0978 & 0.0967 & 0.1058 & 0.1566 \end{bmatrix}$

$$\begin{bmatrix} V_1' \\ V_2' \\ V_3' \\ -V_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} \\ Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -I_f'' \end{bmatrix}$$

Therefore $-V_f = Z_{44} \times (-I_f'')$

Therefore $I_f'' = V_f / Z_{44}$, for our system $I_f'' = 1 / 0.1566 = 6.38 \text{ PU}$

Similarly

$$V_1' = -I_f'' \times Z_{14}, V_2' = -I_f'' \times Z_{24}, V_3' = -I_f'' \times Z_{34}$$

Normally, while studying fault, the network is considered offloaded and the prefault voltage of all buses including faulted bus is considered 1 PU

Hence post fault voltage of buses are

$$V_1 = V_f + V_1' = 1 - I_f'' Z_{14} = (1 - 6.38 \times 0.0978) \text{ PU} = 0.376 \text{ PU}$$

$$V_2 = V_f + V_2' = 1 - I_f'' Z_{24} = (1 - 6.38 \times 0.0967) \text{ PU} = 0.383 \text{ PU}$$

$$V_3 = V_f + V_3' = 1 - I_f'' Z_{34} = (1 - 6.38 \times 0.1058) \text{ PU} = 0.324 \text{ PU}$$

$$V_4 = V_f - V_f = 0$$

Current in any part of the network can be found out from the post fault voltages of the buses and relevant element of Y_{bus}

Hence the current between Bus 1 & Bus 3 during a fault at Bus 4 = $(V_1 - V_3) \times Y_{13}$

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

53

VII. ESTUDU SISTEMA ENERJIA

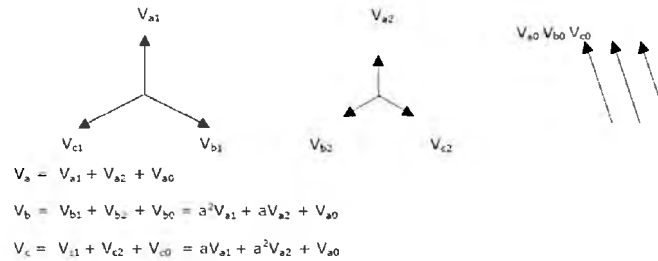
KOMPONENTES SIMÉTRIKU

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

54

Theorem : Any set of n unbalanced vectors can be resolved to n sets of balanced vectors.



Therefore in Matrix form

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$$

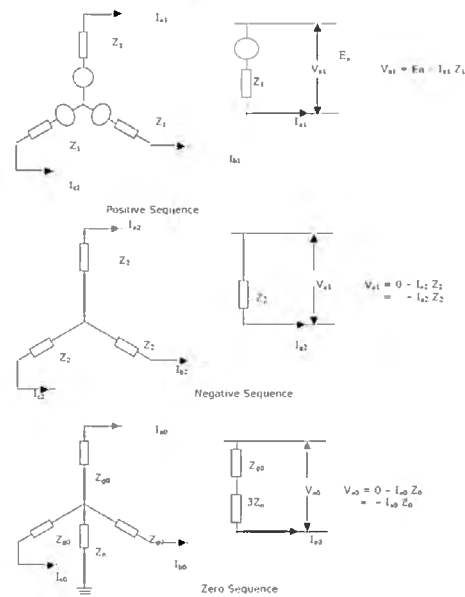
A^{-1}

18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

55

Sequence network of unloaded generator



18/6/2013

JICA Technical Assistance Team

56

Unsymmetrical faults

Regardless of type of faults on unloaded generator

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_a \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

Single line to ground fault on unloaded generator

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

Let us consider that there is a single line to ground fault in phase "a"

Therefore $V_a = 0, I_b = 0, I_c = 0$

$$\text{Hence } \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Therefore $I_{a0} = 1/3 I_a, I_{a1} = 1/3 I_a, I_{a2} = 1/3 I_a$

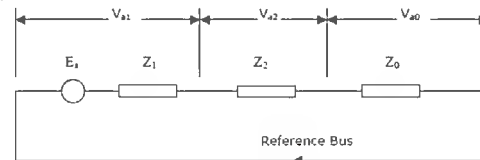
$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_a \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a1} \\ I_{a1} \end{bmatrix}$$

$$V_{a0} = -I_{a1} Z_0, V_{a1} = E_a - I_{a1} Z_1, V_{a2} = -I_{a1} Z_2$$

$$V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = E_a - I_{a1}(Z_0 + Z_1 + Z_2) = 0$$

Hence $I_{a1} = E_a / (Z_0 + Z_1 + Z_2), I_a = 3 I_{a1}$

Hence all the sequence networks are in series for a single line to ground fault.



18/6/2013

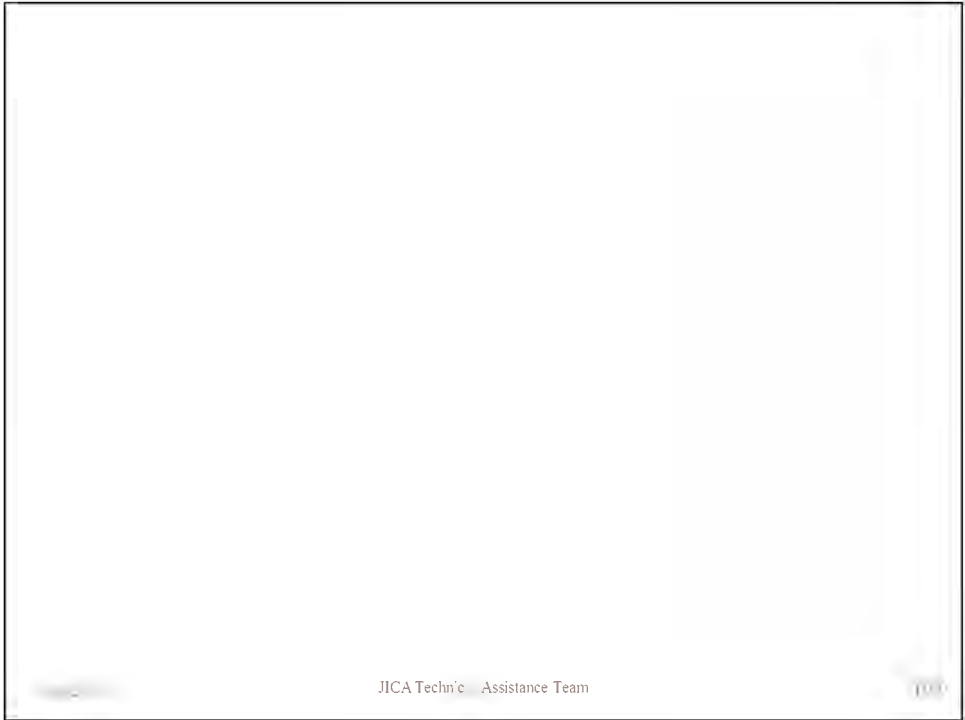
JICA Technical Assistance Team

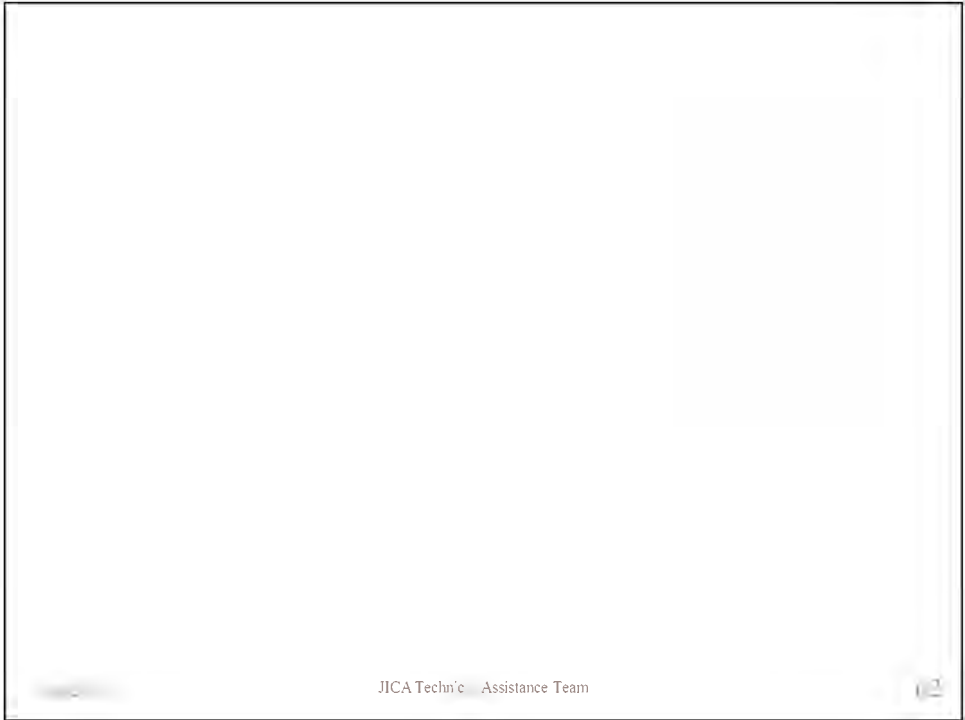
57

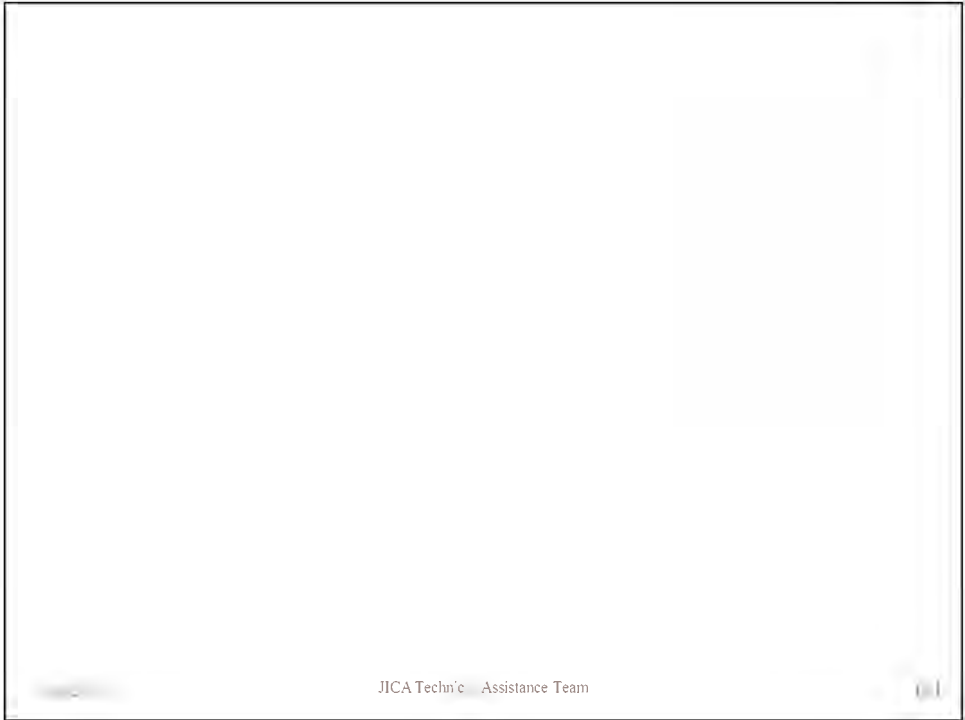
18/6/2013

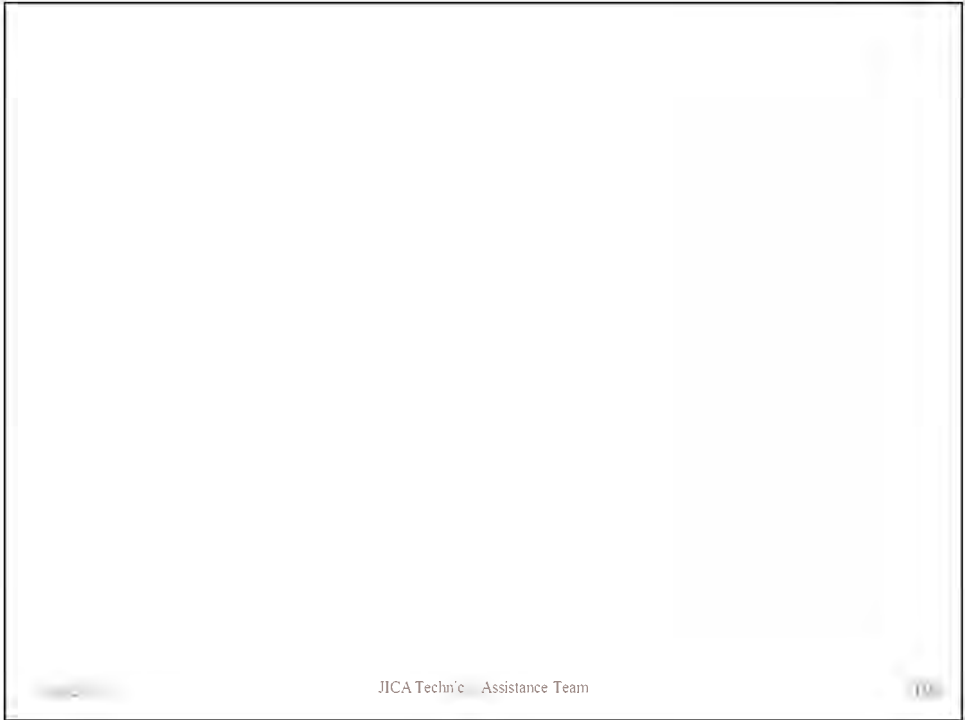
JICA Technical Assistance Team

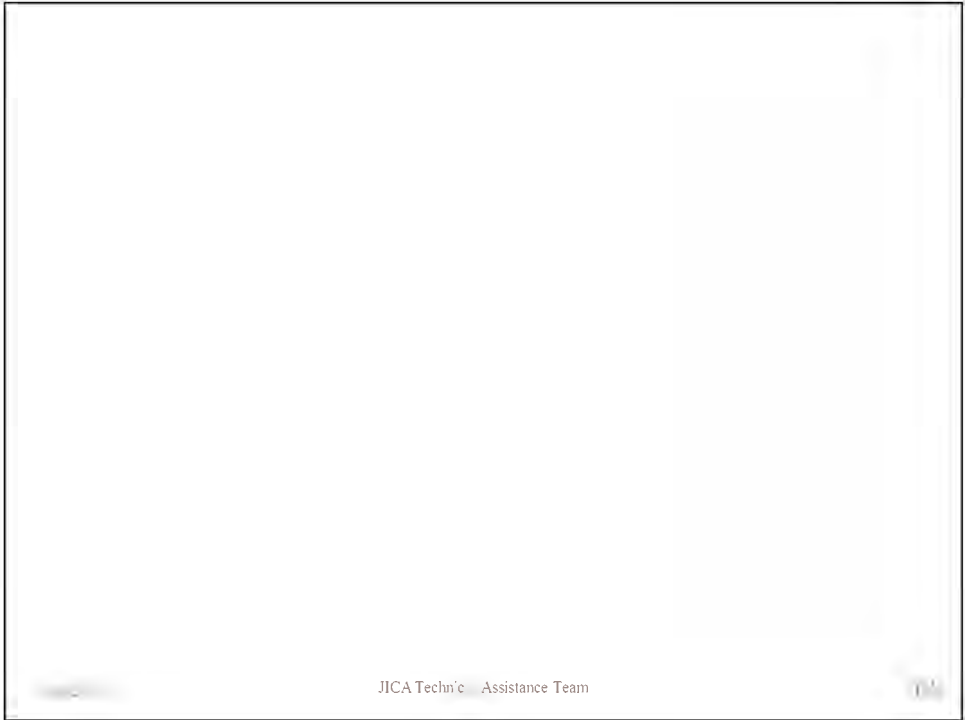
58











AsisténsiaTékniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál (ADN) nian
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus

No.	Konteúdu
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Sistema Tranzmisaun and Distribuisaun
5	Estudu Sistema Enerjia
6	Analiza Korenti Enerjia
7	Estabilidade Sistema Enerjia
8	Ezemplu hosi Analiza Sistema Enerjia (Uza PSS/E)
9	Enerjia Renovavel (Photovoltaic Power)
10	Sistema Protejementu
11	Sistema Operasaun Enerjia no Kontrolu
12	Selukseluk

Konteúdu bele muda
depende ba kondisaun.
Ha'u hakarak diskute
kona-ba konteúdu ho
Sr. Miguel no ITA.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

2

VIII. ANALIZA KORENTI ENERJIA

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

3

VIII. ANALIZA KORENTI ENERJIA

INTRODUSAUN

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

4

Introdusaun

Sistemas enerjia tipikamente la'o ho neineik troka kondisoens ne'ebé bele analiza utiliza steady state analysis. tan, sistemas tranzmisaun la'o ho balansu ka kondisoens besik balansu permite per-phase analysis hodi utiliza ho konfidensia grau aas iha solusaun. Analiza korenti enerjia komposionalmente modela kondisoens hirek ne'e no prepara pontu estartamentu barakli ba analiza sira seluk. Ezemplu, sinál no efeitos estabilidade transient hosi disturbansia nebe iha dramatikamente afeita hosi "pre-disturbansia" kondisoens operasaun hosi sistema enerjia. (disturbansia rezulta iha inestabilidade liuhosi kondisoens sistema karga todan bele laiha efeitos adversa ruma liuhosi kondisoens karga kmaan.) Adisionalmente, fault analysis no transient analysis bele impaktu hosi "pre-disturbansia" pontu operasaun hosi sistema enerjia (maski, sira baibain afeita lahanesan transient stability no small signal stability analysis).

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

5

Problema Korenti Enerjia

- Analiza korenti enerjia mak estudu fundamental sistemas enerjia nian forma bazes ba analiza sira seluk. Analiza sistema enerjia hala'o papél ida iha planeamentu hosi adisaun ka espansaun sira ba tranzmisaun no fa facilidades jersaun hanesan estabelese pontu estartamentu ba tipus barak seluk analiza sistema enerjia. Iha adesaun, analiza sistema enerjia no ninia estensoens barak mak esensial ingrediente hosi estudu nebe hala'o iha operasoens sistema enerjia. Iha kazu idane'e, ne'e iha kontestu hosi kontijensia analiza no implementasaun hosi sistemas monitorizasaun real-time.
- Problema sistema enerjia (also known as the load flow problem) bele deskreve hanesan tuirmai:

Fornesementu redi enerjia, nu'udar kargas kompleksu enerjia no jogu balun hosi espesifikasoens ka restrikoens konaba jersasoens enerjia no voltajen sira, solusiona ba bus voltajen sira lahatene ruma no jersaun laespesifiku no finalmente ba korenti enerjia kompleksu iha komponentes redi.
- Adisionalmente, losses iha komponentes individu no total redi hanesan tomak baibain kalkula. Aleindisu, sistema dala barak revista ba komponente overloads no voltajen sira iha liur bele permite toleransias.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

6

Ekusoens korenti enerjia

Ekusoens korenti enerjia reprezenta balansiu fundamental hosi enerjia hanesan nia suli hosi jeradores ba kargas liuhosi redi tranzmisaun. Korenti enerjia réal no reativu rua ne'e hotu hala'o papél importante hanesan hodi determina propriiades korenti enerjia hosi sistem. Estudus korenti enerjia lori sai iha planeamentu sistema enerjia no operasoens iha industria. Ekusoens korenti enerjia permite kompusaun hosi eskalas voltajen bus no sira-nia phase angles hanesan mós liña tranzmisaun eskalas korenti presiza hodi mantein to'o toleransia loloos hodi enkontra rekerementus kualidade konsumidór no hodi prevene overheating hosi liñas tranzmisaun, respetivamente.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

7

Nonlineár natureza

- Defikuldade iha kalkulsaun solusoens korenti enerjia mosu hosi faktu ekusoens nebe mak naturálmente nonlinear tanba hosi balansio kuantidades enerjia nian. Satán, medida boot hosi estudus enerjia involve rezolve númeru boot tebes hosi ekusoens simultáneu nonlinear. Felizmente, interligadu natureza ladún barak hosi redi enerjia refleta nia-an iha prosesu kompusalional, fasilitamentu kompusalional algorithms.
- Iha ne'e, primeiru ami estuda problema simples korenti enerjia atu hare'e diakliutan nonlinear natureza hosi ekusoens korenti enerjia. Hafoin ami formula problema korenti enerjia ba sistema enerjia boot.
- Tuir, baibain hanesan iha eskola, solusaun metodu korenti enerjia klásiku bazeia ba Gauss-Seidel algorithm sei estuda. Populár Newton-Raphson algorithm, ne'ebe mak barakliu utiliza metodu korenti enerjia iha industria ohin loron, sei intrdús.
- Maibe ha'u la intrdús algorithm iha ne'e. ha'u sei rai kopias hosi livrus balun, depois koko atu lee.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

8

VIII. ANALIZA KORENTI ENERJIA

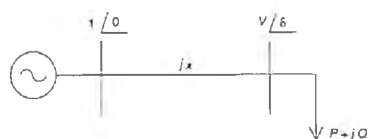
EZEMPLU SIMPLIS HOSI PROBLEMA KORENTI ENERJIA IDA

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

Husik ita konsidera jeradór single ida lori karga $P + jQ$ liuhosi liña tranzmisaun ho reactance x . jeradór bus voltajen mak assume iha voltajen rated, no nia 1 per unit (pu). Jeradór bus angle mak define hanesan referensia phasor, no tan ne'e, Jeradór bus voltajen phase angle monta sai zero. Karga bus voltajen iha eskala V no phase angle δ . Tanba liña assume tiha ona sai lossless, nota katak jeradór real power output tenke hanesan ba real power load P . maibe, reativu enerjia sai hosi jeradór sei sum hosi reativu load Q no reativu enerjia "consumed" hosi liña tranzmisaun reactance x .



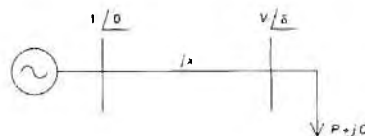
13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

Mai ita hakerek ekuasoens korenti enerjia ba problema idane'e. Given a loading condition $P + jQ$, ita hakarak atu rezolve ba variaves lahatene, hanaran, bus voltage magnitude V no phase angle δ . Ba simplisidade, ita sei asume katak karga mak iha fatór unidade enerjia hosi $Q = 0$. Iña korenti phasor I hosi jeradór bus ba karga bus fasiliu kalkula hanesan:

$$I = \frac{1 \angle 0 - V \angle \delta}{jx} \quad (1)$$



13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

Tuir, kompleksu enerjia S lori ba karga bus bele kalkula hanesan:

$$S = VI^* = \frac{V \angle (\delta + \pi/2)}{x} - \frac{V^2 \angle (\pi/2)}{x} \quad (2)$$

Tan ne'e, ita hetan ekuasoens balansu enerjia réal no reativu :

$$P = \frac{-V \sin \delta}{x} \text{ and } Q = \frac{-V^2 + V \cos \delta}{x} \quad (3)$$

Hafoin tau $Q = 0$ iha ekuasaun (3), ita bele simplifika ekuasaun 3) to'o ekuasaun kuadratik iha V^2 henesan tuirmai:

$$V^4 - V^2 + x^2 P^2 = 0. \quad (4)$$

13/9/2013

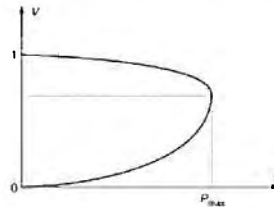
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

Tan ne'e, fõ karga P enerjia réal ruma, koresponde solusaun korenti enerjia ba bus voltajen V bele rezolve hosi ekuasaun (4). Ita nota katak ba valores karga nominál, iha solusoens rua ba bus voltaje V , no sira mak roots positivu V^2 iha ekuasaun tuirmai:

$$V^2 = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4x^2 P^2}}{2} \quad (5)$$

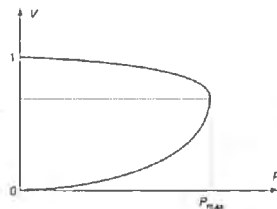
Ekuasaun (5) implika katak iha solusoens korenti enerjia eziste rua ba valores karga $P < P_{\max}$ iha ne'ebe $P_{\max} = 1/(2x)$, no la eziste solusoens enerjia ba $P > P_{\max}$. A kualitativu plot hosi solusoens korenti enerjia ba bus voltajen V iha termus diferente hosi kargas réal enerjia P hutudu iha Figura.



Qualitative Plot of the Power-Flow Solutions
JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

13/9/2013

13



Qualitative Plot of the Power-Flow Solutions

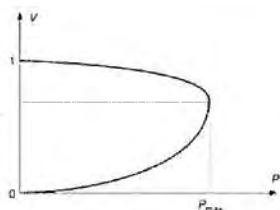
Hosi plot no hosi analiza sira dook, ita bele halo observasoens tuirmai:

1. Dependensia hosi bus voltajen V iha karga P nonlineár tebes. Ne'e posivel ba atu kalkula solusoen korenti enerjia analitikamente ba sistema simples idane'e. Iha sistema enerjia boot ho jeradores atus ba atus lori enerjia ba kargas atus ba atus, ita tenke rezolve ba bus voltajen atus ba atus no sira-nia phase angles hosi monta pár boot hosi from large coupled sets of non-linear ekuasoens korenti enerjia, no kalkulasaun mak servisu nontrivial ida.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

14



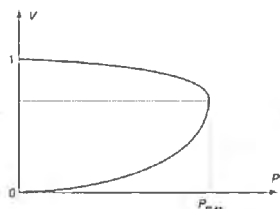
Qualitative Plot of the Power-Flow Solutions

2. Multiplika solusoens korenti enerjia bele eziste hosi espesifika kondisaun karga. Iha Figura, eziste solusoens rua ba karga ruma $P < P_{\max}$. Entre solusoens rua, solusaun iha lokus leten ho voltajen V besik 1 pu konsidera solusaun nominál. Ba solusoens iha lokus kraik, bus voltajen V bele la aseitavel tún ba operaun normal. Solusaun voltajen hatún presiza liña korenti aasliu atu lori karga espesifiku P , valores liña korenti bele sai la aseitavel aas. Iha jerál, ba kondisaun karga espesifiku ruma, ami hakarak atu lokaliza solusaun korenti enerjia nebe barakliu aseitavel valores voltajen nian no korenti entre multiplika solusoens korenti enerjia. Iha sistema enerjia boot, bele eziste número boot tebes hosi posivel solusoens korenti enerjia

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

15



Qualitative Plot of the Power-Flow Solutions

3. Dala ida bus voltajen V kalkula ona hosi ekuasaun (5), bus voltajen phase angle δ bele kalkula hosi ekuasaun (3). depois, liña korenti phasor I bele rezolve hosi ekuasaun (1). Espesifikamente, ami hakarak garante katak eskala hosi liña korenti I kontinua iha thermal okos limita hosi liña tranzmisaun hodi prevene pontensiál estragu ba liña tranzmisaun karun.

$$\begin{aligned} (5) \quad V^2 &= \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4x^2 P^2}}{2}, & (3) \quad P &= \frac{-V \sin \delta}{x} \text{ and } Q = \frac{-V^2 + V \cos \delta}{x}, & (1) \quad I &= \frac{1 \angle 0 - V \angle \delta}{jx}. \end{aligned}$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

16



Qualitative Plot of the Power-Flow Solutions

4. Solusoens korenti enerjia bele falla atu eziste iha kondisoens karga aas, henesan bainhira $P > P_{\max}$ iha Figura. Valór karga $P_{\max}$ ne'ebe ultrapasa solusoens korenti enerjia la bele eziste bolu static limit iha literatura enerjia. Tanba solusoens korenti enerjia signifika kondisoens operasaun steady-state iha ita-nia formulasaun, falta hosi solusoens korenti enerjia implika katak ne'e la posivel atu transfere enerjia hosi jeradór ba karga iha steady-state fashion, no interasoens dynamic hosi jeradores no kargas sai significativu. Operasaun sistema enerjia iha kondisoens karga ultrapasa static limit bele lidera fallansu catastrophic failure hosi sistema.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

17

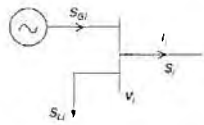
VIII. ANALIZA KORENTI ENERJIA

FORMULASAUN PROBLEMA KORENTI ENERJIA

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

18



Complex Power Balance at Bus i

Iha ne'e, ami sei konstrui ekuasoens korenti enerjia iha maneira estrutura utiliza admitansia matrix Y_{bus} representasaun hosi redi tranzmisaun. admitansia matrix Y_{bus} mak asume hodi hatene kona-ba sistema liuhosi konsiderasaun. Mai ita heree uluk iha balansiu kompleksu enerjia iha bus ruma, hatete bus I, iha redi.

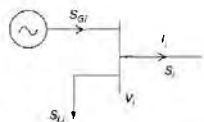
Balansu ekuasaun enerjia fõ hosi:

$$S_i = V_i I_i^* = S_{Gi} - S_{Li} \quad (6)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

19



Complex Power Balance at Bus i

$$S_i = V_i I_i^* = S_{Gi} - S_{Li} \quad (6)$$

Mai ita indika vector hosi bus voltajen sira hanesan $\underline{V}_{bus}$ no vector hosi bus injesaun korenti sira hanesan $\underline{I}_{bus}$. Ho definisaun, admitansia matrix $\underline{Y}_{bus}$ prepara relasaun $\underline{I}_{bus} = \underline{Y}_{bus} \underline{V}_{bus}$. Hanoin ith ka jth entrada Y_{ij} hosi Ybus matrix iha magnitude Y_{ij} no the phase " $\angle Y_{ij}$ ". Depois, ita bele simplifika korenti injesaun I_i hanesan:

$$I_i = \sum_j Y_{ij} V_j = \sum_j Y_{ij} V_j \angle (\delta_j + \gamma_{ij}) \quad (7)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

20

Depois, kombina ekuasoens (6) and (7), ami hetan balansu ekuasoens kompleksu enerjia hanesan:

$$S_i = S_{G_i} - S_{L_i} = \sum_j Y_{ij} V_i V_j \angle (\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}). \quad (8)$$

Foti réal no partes imajinariu hosi ekuasaun kompleksu (8) fô ami ekuasoens korenti enerjia reativu no réal ba redi:

$$P_i = P_{G_i} - P_{L_i} = \sum_j Y_{ij} V_i V_j \cos (\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}). \quad (9)$$

$$Q_i = Q_{G_i} - Q_{L_i} = \sum_j Y_{ij} V_i V_j \sin (\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}). \quad (10)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

21

Jeralmente ko'alia, ami-nia nia objetivu iha seksaun idane'e atu rezolve ba medida voltjen bus V_i no phase angles δ_i bainhira jerasoens enerjia no kargas espesífiku. Ba sistema enerjia ho N buses, iha $2N$ númeru hosi ekuasoens korenti enerjia. Iha bus idaidak, iha variveis neen: P_{G_i} , Q_{G_i} , P_{L_i} , Q_{L_i} , V_i no δ_i . Depende ba natureza bus nian, hat hosi variaveis hirak ne'e sei espesiku iha bus idaidak, falta variaveis rua lahatene iha bus idaidak. Ita sei remata ho $2N$ variaveis lahatene relasiona ho $2N$ ekuasoens (9) no (10), no ami-nia objetivu iha sira seluk hosi seksaun idane'e atu dezentolve algorithms hodi rezolve problema idane'e.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

22

Mai ita konsidere simplesmente karga bus uluk, ne'e, ho $P_{Gi} = Q_{Gi} = 0$. Iha kazu idane'e, kargas P_{Li} no Q_{Li} assume hodi hatene tantu hosi measurements ka hosi estimasaun karga, no variaveis voltajen bus V_i no δ_i variaveis lahatene. Simplesmente karga busses ho laiha apoia jersaun bolu **PQ busses** iha estudus korenti enerjia tanba injesaun enerjia réal P_i no enerjia reativu Q_i espesífika tiha iha busses hirak ne'e.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

23

Tipikamente, kada jeradór iha sistema konsiste hosi tipus rua hosi kontrolus intérrnu, ida mantein produsaun enerjia réal hosi jeradór no seluk hodi regula medida voltajen bus. Iha estudus korenti enerjia, ita baibain assume katak mekánizmu kontrolu rua ne'e hotu opera perfektuliu no nune'e produsaun enerjia réal P_{Gi} no V_i mantein iha sira-nia valores espesífiku. Again, variaveis karga P_{Li} no Q_{Li} mós assume atu hatene. Ne'e husik produsaun jeradór reativu Q_{Gi} no voltajen phase angle δ_i hanesan variaveis rua lahatene ba bus. Iha termus injesoens, injesaun réal enerjia P_i no voltajen bus V_i depois variaveis espesífiku; nune'e, busses jeradór normalmente indika **PV busses** iha estudus korenti enerjia.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

24

Iha realidade, kontrolu voltajen jeradór hodi rai medida voltajen bus iha valór espesífiku sai inativu bainhira kontrolu dudu ba estremu, hanesan bainhira reativu produsaun hosi jeradór tantu sai aasliu ka túnliu. Voltajen idane'e kontrola limitasaun hosi jeradór bele representa iha estudus korenti enerjia hodi rai track hosi reativu produsaun Q_{Gi} . Bainhira reativu jersaun Q_{Gi} sai bootliu duké prespesífiku valór másimu hosi $Q_{Gi,max}$ ka la'o tún duké prespesífiku valór mínimu $Q_{Gi,min}$, reativu output nebe asume atu hadi'a iha limitasaun valór $Q_{Gi,max}$ or $Q_{Gi,min}$, respesifikamente, kontrolu voltajen, dezavel iha formulasaun; ne'e, reativu enerjia Q_{Gi} sai koñese variavel, tantu iha $Q_{Gi,max}$ or $Q_{Gi,min}$, no voltajen V_i depois sai variavel lakoñese ba bus i. iha terminolojia korenti enerjia, ita hatete katak jeradór iha bus I “to'o tiha ona ninia reativu limitasaun” no, tan ne'e, bus i troka tiha ona hosi PV bus ba PQ bus. Tan espasu limitasoens, ami sei la diskute limitasaun reativu jeradór iha detalhe ruma iha ne'e.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

25

Iha adesaun ba PQ busses no PV busses, ami mós presiza atu introdús notion hosi **slack bus** iha formulasaun korenti enerjia. Nota katak presiza konversaun enerjia nebe prodús enerjia réal hosi jeradores hotu iha redi tenke soma hanesan hosi kargas total enerjia réal no liña losses iha redi tranzmisaun:

$$\sum_i P_{Gi} = \sum_i P_{Li} + \sum_i \sum_j P_{losses_{ij}}. \quad (11)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

26

Liña losses asociadu ho liña tranzmisaun fila depende ba liña rezisténsia no medida liña korenti. Hanesan afirma sedu liu, objetivus importante ida hosi estudus korenti enerjia ma atu kalkula liña korenti, no hanesan, valores liña korenti nebe seidauk hatene iha kalkulasaun korenti enerjia nian komes. Tan ne'e, ita la hatene valores réal ba liña losses iha redi tranzmisaun. Hare'e iha ekuasaun (11), ita presiza atu assume katak pelumenus hosi variaveis ida P_{Gi} or P_{Li} variavel tenke livre hosi satisfika konservasaun enerjia réal. Tradisionalmente, ita assume katak jerasoens ida nian mak variavel "slack", no hanesan jeradór bus indika slack bus. iha slack bus, ita espesífika voltajen V_i no angle δ_i rua ne'e hotu. Injesoens enerjia P_i no Q_i mak variveis lahatene. Again, hosi tradisaun, ami tau voltajen iha slack bus hodi klasifika voltajen ka iha 1 pu no phase angle sai zero.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

27

VIII. ANALIZA KORENTI ENERJIA

MANEIRA SELUK HODI KOMPRENDE

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

28

Ezemplu two-bus, hatudu iha Fig. 1, uza atu simplifika dezentvolvimentu hosi ekuasoens korenti enerjia. Sistema konsiste busses rua liga ho liña tranzmisaun. Ida bele observa katak iha kuantidades elétriku neen asociadu ho bus idaidak: P_D , P_G , Q_D , Q_G , $|V|$, no δ . Idane'e kazu jerál, iha ne'ebé kada bus presiza iha jersaun eziijénsia rua ne'e hotu. Iha realidade, laos busses hotu sei iha jersaun enerjia. Idagrama impedance hosi sistema two-bus nebe hatudu iha Fig. 2. liña tranzmisaun representa hosi π -model no jeradór synchronous representa hosi fonte kotuk synchronous reactance. Kargas nebe assume sai nafatin impedance ba kauza hodi representa sira iha diagrama impedance. Tipikamente, karga representa hosi aparelu enerjia nafatin, hanesan hatudu iha figuras subsequent.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

29

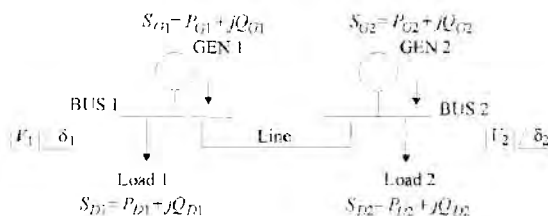


FIG.1 A two-bus power system.



FIG.2 Impedance diagram for the two-bus power system.

FIG.3 Bus powers with transmission line π -model for the two-bus system.

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

30

Fig. 3 hanesan Fig. 2 maibe ho jersaun no demand bundled hamutuk atu representa “bus power,” ne’ebé representa injesoens enerjia bus. Enerjia Bus define hanesan

$$S_1 = S_{G1} - S_{D1} = (P_{G1} - P_{D1}) + j(Q_{G1} - Q_{D1}) \quad (1)$$

and

$$S_2 = S_{G2} - S_{D2} = (P_{G2} - P_{D2}) + j(Q_{G2} - Q_{D2}) \quad (2)$$

Also, injected current at bus 1 is

$$\hat{I}_1 = \hat{I}_{s1} - \hat{I}_{l1} \quad (3)$$

and injected current at bus 2 is

$$\hat{I}_2 = \hat{I}_{s2} - \hat{I}_{l2} \quad (4)$$

All quantities are assumed to be per unit. Then, since

$$S_1 = \hat{V}_1 \hat{I}_1^* \Rightarrow P_1 + jQ_1 = \hat{V}_1 \hat{I}_1^* \Rightarrow (P_1 - jQ_1) = \hat{V}_1^* \hat{I}_1 \quad (5)$$

and

$$S_2 = \hat{V}_2 \hat{I}_2^* \Rightarrow P_2 + jQ_2 = \hat{V}_2 \hat{I}_2^* \Rightarrow (P_2 - jQ_2) = \hat{V}_2^* \hat{I}_2 \quad (6)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

31

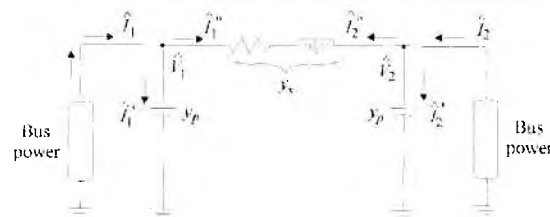


FIG.4 Current flows in the network model.

Let us define current flows in the circuit as shown in Fig. 4. Therefore, at bus 1

$$\begin{aligned} \hat{I}_1 &= \hat{I}_1' + \hat{I}_1'' \\ &= \hat{V}_1 Y_p + (\hat{V}_1 - \hat{V}_2) Y_{12} \\ \hat{I}_1 &= (Y_p + Y_{12}) \hat{V}_1 + (-Y_{12}) \hat{V}_2 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\therefore \hat{I}_1 = Y_{11} \hat{V}_1 + Y_{12} \hat{V}_2 \quad (8)$$

where $Y_{11} \triangleq$ sum of admittances connected at bus 1 $= Y_p + Y_{12}$ (9)

$Y_{12} \triangleq$ negative of the admittance between busses 1 and 2 $= -Y_{12}$ (10)

13/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

32

Similarly, at bus 2

$$\begin{aligned}\hat{I}_2 &= \hat{I}_2' + \hat{I}_2'' \\ &= \hat{V}_2 Y_p + (\hat{V}_2 - \hat{V}_1) Y_a \\ \hat{I}_2 &= (-Y_a) \hat{V}_1 + (Y_p + Y_a) \hat{V}_2\end{aligned}\quad (11)$$

$$\hat{I}_2 = Y_{21} \hat{V}_1 + Y_{22} \hat{V}_2 \quad (12)$$

$$Y_{22} \triangleq \text{sum of admittances connected at bus 2} = Y_p + Y_a \quad (13)$$

$$Y_{21} \triangleq \text{negative of the admittance between busses 2 and 1} = -Y_a = Y_{12} \quad (14)$$

Hence, for the two-bus power system, the current injections are

$$\begin{bmatrix} \hat{I}_1 \\ \hat{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{V}_1 \\ \hat{V}_2 \end{bmatrix} \quad (15)$$

In matrix notation,

$$I_{bus} = Y_{bus} V_{bus} \quad (16)$$

13/9/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

33

Sistema two-bus bele fasiliu hodi hanaruk ba sistema boot. Konsidera sistema n-bus. Fig. 5a hatudu ligasoens hosi bus 1 hosi sistema idane'e ba busses sira seluk. Fig. 5b hatudu modelus liña tranzmisaun. Ekuasoen (5) liuhosi (16) nebe mak rezulta ba sistema two-bus bele hanaruk agora atu reprezenta sistema n-bus. Idane'e hatudu tuirmai.

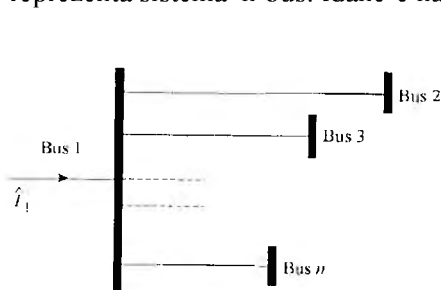


FIG. 5a Extending the analysis to an n-bus system.

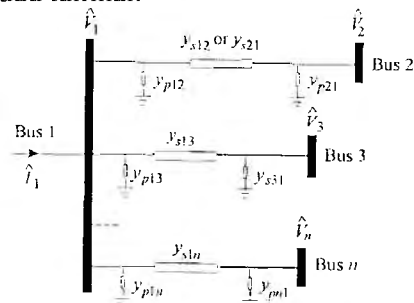


FIG. 5b The π -model for the n-bus system.

13/9/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

34

$$\begin{aligned}\hat{I}_1 &= \hat{V}_1 Y_{p12} + \hat{V}_1 Y_{p13} + \cdots + \hat{V}_1 Y_{p1n} + (\hat{V}_1 - \hat{V}_2) Y_{s12} + (\hat{V}_1 - \hat{V}_3) Y_{s13} + \cdots + \\ &\quad (\hat{V}_1 - \hat{V}_n) Y_{s1n} \\ &= (Y_{p12} + Y_{p13} + \cdots + Y_{p1n} + Y_{s12} + Y_{s13} + \cdots + Y_{s1n}) \hat{V}_1 - Y_{s12} \hat{V}_2 - Y_{s13} \hat{V}_3 \\ &\quad + \cdots - Y_{s1n} \hat{V}_n \quad (17)\end{aligned}$$

$$\hat{I}_1 = Y_{11} \hat{V}_1 + Y_{12} \hat{V}_2 + Y_{13} \hat{V}_3 + \cdots + Y_{1n} \hat{V}_n \quad (18)$$

where $Y_{11} = (Y_{p12} + Y_{p13} + \cdots + Y_{p1n} + Y_{s12} + Y_{s13} + \cdots + Y_{s1n})$ (19)
 = sum of all admittances connected to bus 1

$$Y_{12} = -Y_{s12}; Y_{13} = -Y_{s13}; Y_{1n} = -Y_{s1n} \quad (20)$$

$$\therefore \hat{I}_1 = \sum_{j=1}^n Y_{1j} \hat{V}_j \quad (21)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asistència Tècnica

35

Also, extending the power Eq. (5) to an n-bus system,

$$P_i - jQ_i = \hat{V}_i^* I_i = \hat{V}_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} \hat{V}_j \quad (22)$$

Equation (22) can be written for any generic bus i:

$$P_i - jQ_i = \hat{V}_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} \hat{V}_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

Equation (23) represents the nonlinear power-flow equations. Equation (15) can also be rewritten for an n-bus system:

$$\begin{bmatrix} \hat{I}_1 \\ \hat{I}_2 \\ \vdots \\ \hat{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{V}_1 \\ \hat{V}_2 \\ \vdots \\ \hat{V}_n \end{bmatrix} \quad (24)$$

or

$$I_{bus} = Y_{bus} V_{bus} \quad (25)$$

where

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} = \text{bus admittance matrix} \quad (26)$$

13/9/2013

JICA Ekpa Asistència Tècnica

36

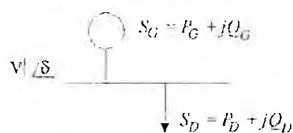


FIG. 6 A generic bus.

TABLE 1 Bus Classifications

Bus classification	Prespecified variables	Unknown variables
Slack or swing	$ V , \delta, P_D, Q_D$	P_G, Q_G
Voltage-controlled	$ V , P_G, P_D, Q_D$	δ, Q_G
Load	P_G, Q_D, P_{ik}, Q_D	$ V , \delta$

Mai ita foti generic bus hanesan hatudu iha Fig. 6. hanesan mesiona tiha ona, kada bus iha kuantidades neen ka variaveis asociadu ho nia. Sira mak $|V|, \delta, P_G, Q_G, P_D, Q_D$. Assume katak iha busses n iha sistema, ne'e sei sai total hosi variaveis $6n$.

The power-flow Eq. (23) bele rezolve to'o partes real no reativu hanesan tuirmaim

$$\therefore P_i = \text{Real} \left[\hat{V}_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} \hat{V}_j \right] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (27)$$

$$Q_i = -\text{Imag} \left[\hat{V}_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} \hat{V}_j \right] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (28)$$

Nune'e, iha ekuasoens $2n$ no variaveis $6n$ ba sistema n -bus. Bainhira laiha solusaun iha kazu ne'e, variaveis $4n$ iha prespesifiku. Bazeia ba espesifikasoens, ita bele klasifika busses agora hanesan iha Tabela 1.

13/9/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

37

AsisténsiaTékniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál (ADN) nian
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus sei troka

No.	Konteúdu
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Sistema Tranzmisaun and Distribuisaun
5	Estudu Sistema Enerjia
6	Analiza Korenti Enerjia
7	Estabilidade Sistema Enerjia
8	Ezemplu hosi Analiza Sistema Enerjia (Uza PSS/E)
9	Enerjia Renovavel (Photovoltaic Power)
10	Sistema Protejementu
11	Sistema Operasaun Enerjia no Kontrolu
12	Selukseluk

Konteúdu bele muda
depende ba kondisaun.
Ha'u hakarak diskute
kona-ba konteúdu ho
Sr. Miguel no ITA.

10/9/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

2

IX. SISTEMA ESTABILIDADE ENERJIA

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

3

IX. SISTEMA ESTABILIDADE ENERJIA

DEFINISAUN & KLASIFIKASAUN HOSI SISTEMA ESTABILIDADE ENERJIA

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

4

Overview

- Sistema enerjia define hanesan redi ida ka liu hosi unidades produsaun, kargas no liñas tranzmisaun inklui ekipamentus asosiadu nebe liga ba nia.
- Estabilidade sistema enerjia mak ninia abilidade atu dezentolve restroring forces hanesan ka bootliu duké disturbing forces atu mantein state of equilibrium.
- Problema sistem estabilidade enerjia hetan pronunsia barak iha kazu interkoneksaun hosi redis enerjia boot.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

5

Definisaun

Estabilidade sistema enerjia mak abilidade sistema enerjia elétriku nian ba kondisaun inisiál operasaun nebe fó, atu hetan fali kondisaun operasaun nian ekilíbriu hafoin nia submete ba disturbansia fíziku, ho sistema variaveis barakliu haksoit nune'e pratikamente sistema hotu sei tomak nafatin.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

6

Presiza Estabilidade Klasifikasaun Nian

- Analiza estabilidade fasiliu. Mós nia dirije diak no komprende saun efektivu hosi diferença sistema inestabilidades enerjia.
- Fatores importante nebe dirije ba inestabilidade bele fasiliu identifika.
- Metodus bele planeia hodi promove estabilidade sistema enerjia.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

7

Klasifikasaun Estabilidade Sistema Enerjia

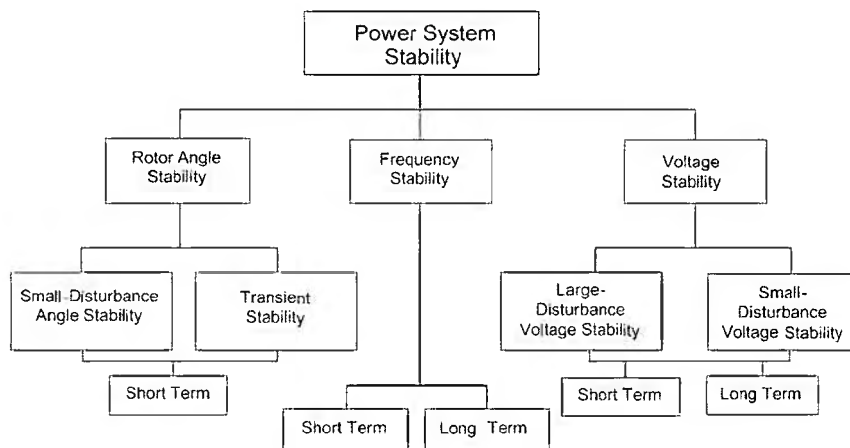
- Estabilidade Rotor angle.
 - Estabilidade disturbansia angel ki'ik.
 - Estabilidade Transient.
- Estabilidade voltajens.
 - Estabilidade disturbansia voltajen ki'ik.
 - Estabilidade disturbansia voltajen boot.
- Estabilidade frekuensia.
 - Estabilidade termu frekuensia badak.
 - Estabilidade termu frekuensia naruk.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

8

Klasifikasaun Estabilidade iha Glance ida



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

Estabilidade Rotor Angle

- Estabilidade rotor angle refere ba abilidade mesín synchronous nian hosi interkoneksaun sistema enerjia hafoin nia submete ba disturbansias.
- Inestabilidade rotor angle mosu tanba angular swings hosi jeneradores balun dirije ba sira-nia loss hosi sinkronizmu ho jeradores seluk.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

Estabilidade Rotor Angle(2)

- Depende ba abilidade atu mantein/restore equilíriu entre elektromagnetik torque no mekániku torque kada mesín synchronous nian.
- Iha ekilíriu, Input mekániku torque hanesan output elektromagnetik torque hosi jeradór idaidak. Konaba disturbansia ruma iha igualidade leten la dirije ba aselersaun/deklarasaun hosi rotors mesín nian.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

Estabilidade Klasifikasaun Rotor Angle

- Estabilidade Disturbansia Ki'ik Rotor Angle:
 - Ne'e abilidade sistema enerjia nian atu mantein synchronism iha **small disturbances**.
 - Disturbansias nebe konsidera sai sufisientemente ki'ik hanesan ne'e linearizasaun hosi sistema ekuasoens persivel ba objetivus analiza.
 - The time frame of interest iha estudus estabilidade small-disturbance regula hosi 10 to'o 20 detik tuir disturbansi.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

Estabilidade Klasifiksaun Rotor Angle(2)

- Estabilidade Disturbansia Rotor Angle Boot:
 - Ne'e abilidade sistema enerjia nian atu mantein sinkronizmu iha **severe disturbance**, hanesan sirkuitu badak iha liña tranzmisaun.
 - Disturbansias boot nune'e linearizasaun hosi sistema ekuasoens **not permissible** ba objetivus analiza nian.
 - The time frame hosi interese iha estudus estabilidade small-disturbance regula hosi 3 to'o 5 detik tuir disturbansia.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

13

Estabilidade Voltajen

- Estabilidade voltajen refere ba abilidade sistema enerjia nian atu mantein steady voltajen iha buses hotu iha sistema hafoin nia submete ba disturbansia hosi kondisaun inisial operasaun nebe fô.
- Sistema mak inestavel voltajen karik pelumenus iha sistema bus ida, medida voltajen aumenta hanesan injesaun enerjia reativu nebe aumenta.
- Rezultadu inestabilidade voltajen iha fall progresivu ka voltajen aumentu hosi buses balun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

14

Estabilidade Voltajen(2)

- Efek eskala boot hosi inestabilidade voltajen dirije ba **Voltage collapse**. Ne'e prosesu ida ne'ebe sekuensia hosi eventues akompaña inestabilidade voltajen dirije ba blackout ka anormalmente voltajen ki'ik iha parte signifkante hosi sistema enerjia.
- Forsa driving force ba inestabilidade voltajen mak kargas baibain.
- Problemas estabilidade voltajen mós esperiente iha termináls HVDC links nebe liga ba sistemas ac fraku.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

15

Klasifikasaun Estabilidade Voltajen

- Estabilidade Small Disturbance Voltage:
 - Estabilidade Small-disturbance voltage refere ba sistema-nia abilidade atu mantein voltajen steady bainhira submete ba small disturbances hanesan mudansas aumetal iha sistema karga.
 - Kombinasau hosi téknikas lineár no non-lineár rua ne'e hotu nebe uza ba analiza.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

16

Klasifikasaun Estabilidade Voltajen(2)

➤ Estabilidade Large Disturbance Voltage:

- Estabilidade large-disturbance voltage refere ba sistema-nia abilidade atu mantein voltajen voltajen steady tuir large disturbances hanesan sistema faults, loss generation nian, ka kontijensias sirkuitu.
- Períodu estudu hosi interese bele estende hosi sekon balun to'o dez minutos.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

17

Estabilidade Frekuensia

- Estabilidade frekuensia refere ba abilidade sistema enerjia nian atu mantein frekuensia steady tuir rezultadu severe system upset iha imbalansiu signifikante entre jersaun no karga.
- Frekuensia inestabilidade dirije ba tripping hosi unidades no/ka kargas produsaun.
- Estabilidade frekuensia bele sai fenómeno tempu-badak ka fenómeno tempu-naruk.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

18

Estabilidade Rotor Angle vs. Estabilidade Voltajen

- Estabilidade rotor angle bazikamente estabilidade jeradór ida bainhira estabilidade voltajen katak estabilidade karga.
- Estabilidade rotor angle mak interligasaun ulukliu ba enerjia réal transfere iha ne'ebe estabilidade voltajen relasiona ba reativu enerjia transfere.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

19

IX. ESTABILIDADE SISTEMA ENERJIA

MANAJEMENTU ENERJIA REATIVU, ESTABILIDADE VOLTAJEN NO FAKTUS APLIKASOENS

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

20

Konteúdu iha ne'e teorias jerál.

Jeralmente, reativu enerjia falta iha sistema enerjia.

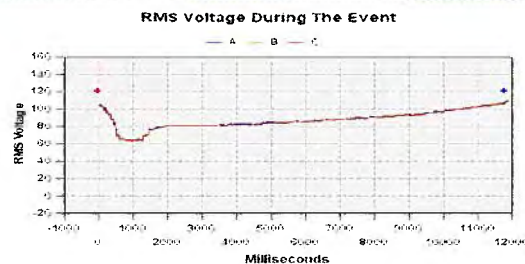
Maibe, konaba sistema enerjia nian iha Timor-Leste, iha ne'e reativu enerjia resin.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

21

Profil Voltajen durante 14 fulan-Agotu Blackout (2003 iha U.S no Canada)



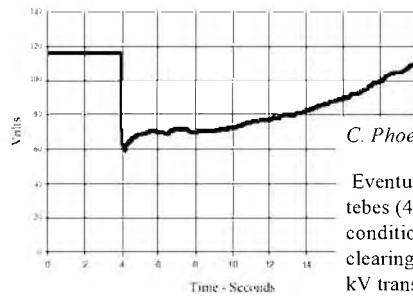
- Voltajen sai aat kuaze 60% hosi voltajen normal. Idane'e parese pontu nebe karga komesa dropping off.
- Maibe, rekoperasaun neineik tebes no jeradores la bele atu mantein frekuensia durante kondisaun idane'e.
- Jeradores barak trip, karga shedding sai afeta, no depois sasan hamate deit tanba falta hosi jersaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

22

A “Near” Fast Voltage Collapse in Phoenix in 1995



C. Phoenix Area, July 28, 1995 [3]

North American Electric Reliability Council, System Disturbances, Review of Selected 1995 Electric System Disturbances in North America, March 1996.

Eventu mosu iha Sábado loraik durante iklima manas tebes (44°C, 112°F). Karga barakliu mak residential air conditioning. A 230-kV kapasitor bank fault ho delayed clearing rezulta iha loss of five 230-kV liñas no 230/69-kV transformadores. maizomenus 2100 MW hosi karga nebe lakon. Rekopersaun voltajen foti to'o 20 sekons (Figura 1). Presumably, many residential air conditioners stalled, no depois tripped off hafoin sekons balun atu husik eventual rekopersaun hosi remaining power system. Recordings hatudu output reativu enerjia aas hosi área jeradores durante períodu rekopersaun. Reactive power output aas hosi jeradores besik iha nearby Palo Verde nuclear plant esentiál ba rekuperasaun.

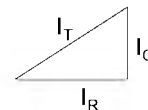
18/6/2013

JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

23

Leis hosi Reativu Fízikas

- Sistema karga konsiste korenti rezistivu (hanesan lights, space heaters) no reactive current (induction motor reactance, nst.).
- Total korenti I_T iha komponentes rua.
 - I_R resistive current
 - I_Q reactive current
 - I_T is the vector sum of I_R & I_Q
 - $I_T = I_R + jI_Q$



18/6/2013

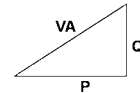
JICA Ekípa Asisténsia Tékniku

24

Leis hosi Reativu Fízikas

- Enerjia Kompleksu bolu Volt Amperes (“VA”) kosiste korenti rezistivu I_R no reactive current I_Q times the voltage.

- “VA” = $V I_T^* = V (I_R - j I_Q) = P + jQ$



- Fatór Enerjia(“PF”) = Cosine of angle entre P no “VA”

- $P = \text{“VA”} \times \text{“PF”}$

- Sistema Losses

- $P_{\text{loss}} = I_T^2 R$ (Watts)

- $Q_{\text{loss}} = I_T^2 X$ (VARs)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

25

Reativu Fízikas – VAR loss

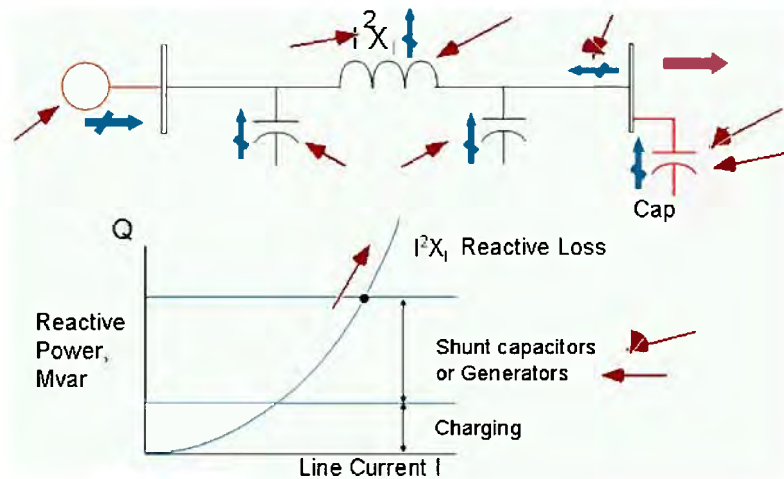
- Komponente hotu ho reactance, X: VAR loss = $I_T^2 X$
- Z mak konsiste resistance R no reactance X
 - On 138kV lines, X = 2 to 5 times larger than R.
 - On 230kV lines, X = 5 to 10 times larger than R.
 - On 500kV lines, X = 25 times larger than R.
 - R menus bainhira konduktor diameter aumenta. X aumenta bainhira husu geometry phase nian ba phase aumenta espasu.
- VAR loss
 - Increases in proportion to the square of the total current.
 - Is approximately 2 to 25 times larger than Watt loss.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

26

Line Charging versus Reactive Demand



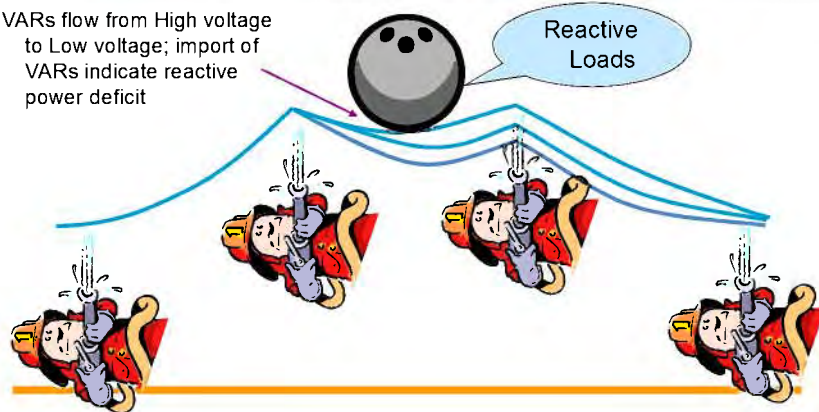
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

27

Enerjia Reativu hodi Apoia Voltajen

VARs flow from High voltage to Low voltage; import of VARs indicate reactive power deficit



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

28

Manajementu/Kompensasaun Enerjia Reativu

Saida mak Kompensasaun Enerjia Reativu?

- Balansiu efetivamente hosi komponentes capacitive no inductive sistema enerjia nian atu prepara apoia voltajen suficiente.
 - Estátiku no dinámiku nerjia reativu e
- Esensiál ba operaun reliavel hosi sistema enerjia
 - Prevensaun hosi voltajen collapse/blackout

Benefisiu hosi Kompensasaun Enerjia Reativu :

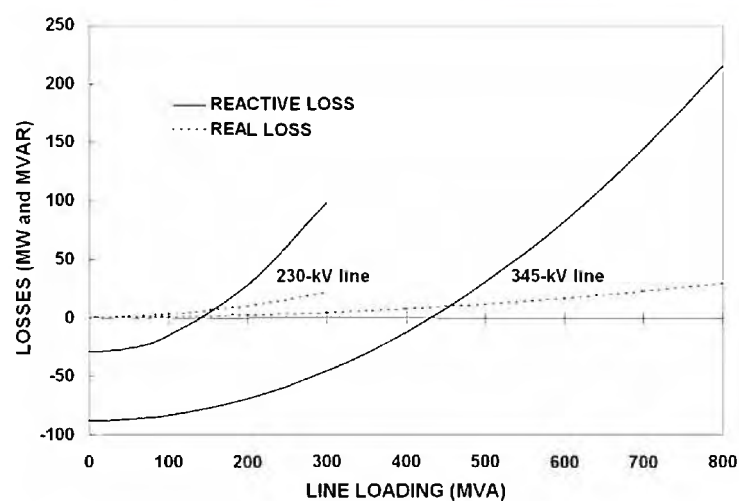
- Promove efikásia hosi lori enerjia / redusaun hosi losses.
- Promove utilizaun hosi vantajen tranzmisaun/kapasidade tranzmisaun.
- Redús congestion no aumenta kapasidade enerjia transfere.
- Promove grid reliabilidade/seguransa.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

29

Liña Tranzmisaun Reál no Enerjia Reativu Losses vs. Liña Karga



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

30

Estátiku no Dinámiku Apoia VAR

➤ Estátiku Reativu Aparelus Enerjia

- Labele troka ho-lalais nivel nivel enerjia reativu hanesan nivel voltajen nafatin hela.
- Nivel produsaun enerjia reativu drops bainhira the nivel voltajen drops.
- Ezemplu inklui kapasitores no induktors.

➤ Dinámiku Reativu Aparelus Enerjia

- Bele troka ho-lalais nivel independente hosi nivel voltajen.
- Nivel produsaun enerjia reativu aumenta bainhira nivel voltajen drops.
- Ezemplu inklui státiku kompensadores VAR (SVC), synchronous condensers, no jeradores.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

31

IX. SISTEMA ESTABILIDADE ENERJIA

ESTABILIDADE VOLTAJEN

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

32

Definisoens Komun

- **Voltage stability** — abilidade hosi sistema enerjia atu mantein steady voltages iha buses hotu iha sistema depois disturbansia.
- **Voltage collapse** - kondition hosi blackout ka abnormally low voltages iha parte signifkante hosi sistema enerjia.
- **Short term voltage stability** - involve dinámikus hosi komponentes karga fast acting hanesan induction motors, electronically controlled loads, no HVDC converters.
- **Long term voltage stability** — involve ekipamentus slower acting hanesan tap-changing transformer, thermostatically controlled loads, no generator limiters.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

33

Saida mak Voltage Instability/Collapse?

- Sistema enerjia hetan voltage collapse karik post-disturbance voltages mak iha kraik **“acceptable limits”**
 - voltage collapse bele tanba voltage ka angular instability
- Fatór prinsipál hamosu voltage instability mak inability hosi power systems atu **“maintain a proper balance of reactive power and voltage control”**

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

34

Voltajen Instability/Collapse

- Driving force ba voltajen inestabilidade mak karga baibain
- Posivel outcome hosi voltajen inestabilidade:
 - loss of loads
 - loss of integrity of the power system
- Voltajen estabilidade timeframe:
 - transient voltage instability: 0 to 10 secs
 - long-term voltage stability: 1 – 10 mins

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

35

Kauzas voltajen estabilidade no analiza

➤kauzas hosi voltajen inestabilidade

- Generators, synchronous condensers, or SVCs reaching reactive power limits
- Tap-changing transformer action
- Load recovery dynamics
- Increase in loading
- Tripping of heavily loaded lines, generators

➤Metodus hosi voltajen analiza estabilidade

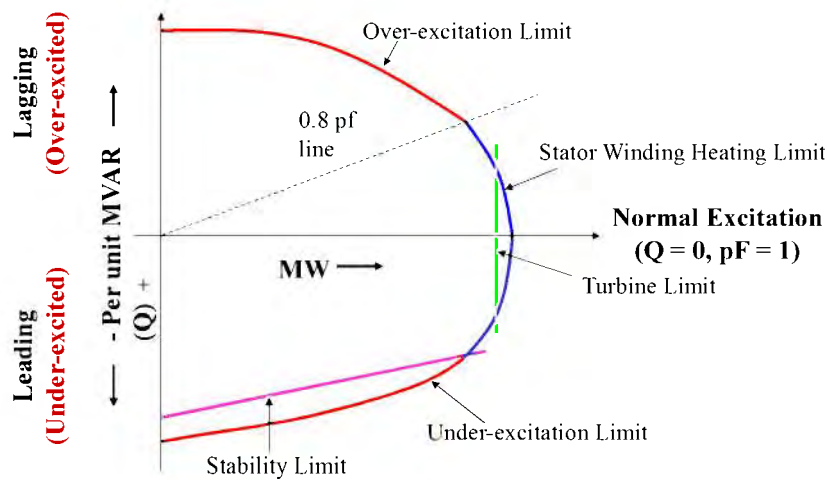
- Metodus analiza estátika
 - Algebraic equations, bulk system studies, power flow or continuation power flow methods
- Metodus analiza dinámiku
 - Differential as well as algebraic equations, dynamic modeling of power system components required

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

36

Generator Capability Curve

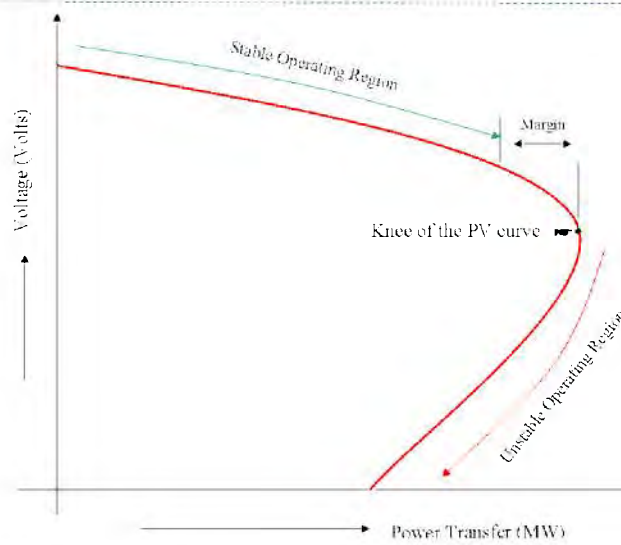


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

37

P-V Curve

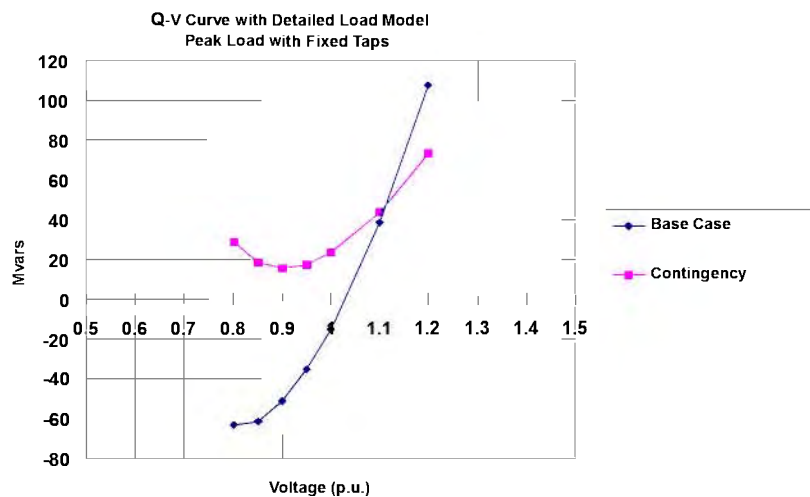


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

38

Q-V Curve



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

39

Posivel Solusoes ba Voltage Instability

- Instala/Opera Shunt Capacitor Banks
- Aumenta Kompensasaun dynamic Shunt iha forma SVC/STATCOM nian atu hamamar dips voltajen transient
- Aumenta Kompensasaun Series iha liñas tranzmisaun iha área problema
- Implementa eskema UVLS
- Fasilidades Konstrui tranzmisaun

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

40

IX. SISTEMA ESTABILIDADE ENERJIA

FAKTUS

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

41

Saida mak FACTS?

- Alternating Current Transmission Systems
Incorporating Power Electronic Based no
Other Static Controllers to Enhance
Controllability no Increase Power Transfer
Capability.
- Enerjia semi-konduktor bazeia inverters
- informasaun no kontrolu teknolojias

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

42

Prinsipál FAKTUS Kontroleirus

- Static VAR Compensator (SVC)
- Static Reactive Compensator (STATCOM)
- Static Series Synchr. Compensator (SSSC)
- Unified Power Flow Controller (UPFC)
- Back-To-Back DC Link (BTB)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

43

Static VAR compensator (SVC)

- Rekursu variavel enerjia reativu
- Bele jera hanesan mós absorve enerjia reativu
- Másimu no mínimu limite iha output enerjia reativu depende ba valores limitadu hosi capacitive no inductive susceptances.
- Droop karakterístika

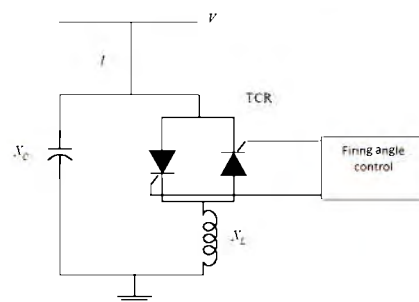


Fig. Schematic diagram of an SVC

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

44

Static compensator (STATCOM)

- Rekursu voltajen aparellu konverter
- Rekursu voltajen alternadu behind a coupling reactance
- Bele opera iha ninia full output current maske iha voltajen ki'ik tebes
- Depende ba manufatura-nia dezeńu, STATCOMs bele aumenta transient rating rua ne'e hotu iha inductive hanesan mós capacitive mode operasaun

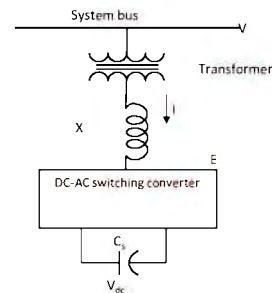


Fig. Schematic diagram of STATCOM

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

45

Rezumu

- Inkresementu presiza atu opera sistema tranzmisaun iha ninia másimu safe transfer limit sai tiha ona interese primáriu iha utilidades barakliu
- Reactive power supply ka VAR management mak ingrediente importante ida hodi mantein sistema saudavel voltajen enerjia no fasilitamentu enerjia transfere.
- Inadekuadu reactive power supply mak fatór prinsipál barakliu hosi recent blackouts

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

46

IX. ESTABILIDADE SISTEMA ENERJIA

ESTABILIDADE ANGLE

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

47

Introdusaun

sistemas enerjia jeralmente halo interkoneksaun boot ida hosi mesin sinkronizmu . Iha operasaun normál mesin hirak ne'e nafatin iha sinkronizmu ho idaidak seluk, maintaining steady synchronising frequency no constant machine power angle diferença entre idaidak seluk. Tuirmai disturbansia iha sistema ida frekuensia hosi sinkroniza mesin hetan transient deviations hosi synchronous frequency of 50Hz no the machine power angles hetan mudansa transient.

- **Kategoria hosi estabilidade angel bele konsidera iha terminus hosi subkategorias rua prinsipál:**
- **1. Steady-State/Dynamic:** Forma ne'e hosi rezultadu inestabilidade hosi inabilidade atu mantein sinkronizmu no ka dampen out system transients no oscillations kauza hosi mudansa sistema ki'ik, hanesan troka beibeik iha karga no ka jersaun.
- **2. Transient:** Forma ne'e hosi rezultadu inestabilidade hosi inabilidade atu mantein sinkronizmu hafoin disturbansias boot hanesan sistema faults no ka ekipamentu outages.
- **Notas hirak ne'e sei fokus partikulár iha subkategoria estabilidade transient no iha teknikas nebe bele utiliza atu analiza estabilidade transient hosi sistema ida tuir disturbansia ida.**
- **Objetivu hosi estudus estabilidade transient nia atu determina karik mesin iha sistema ida sei fila ba steady synchronised state tuir disturbansia ida.**

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

48

Ekusaun Swing

Konsidera unidade produsaun ida iha jeradór three-phase synchronous generator no prime mover, hanesan hatudu iha Figura 1.

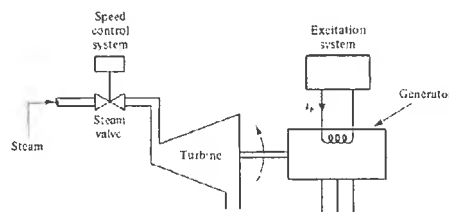


Figure 1 Generating Unit

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

49

Movimentu hosi synchronous jeneradór-nia rotor determinadu hosi newtons second law, ne'ebé fó hanesan:

$$J\alpha_m(t) = T_m(t) - T_e(t) = T_a(t) \quad (1)$$

Iha ne'ebe

J = Total moment of inertia of the rotating masses (prime mover and generator) (kgm^2)

α_m = Rotor angular acceleration (rad/s^2)

T_m = Mechanical torque supplied by the prime mover minus the retarding torque due to mechanical losses (eg. Friction) (Nm)

T_e = Electrical torque, accounting for the total three-phase power output and losses (Nm)

T_a = Net accelerating torque (Nm)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

50

Torques mesin no elétriku, T_m and T_e , positivu ba operasaun jeradór.

Aselersaun rotor angular nebe fõ hosi

$$\alpha_m(t) = \frac{d\omega_m(t)}{dt} = \frac{d^2\theta_m(t)}{dt^2} \quad (2)$$

$$\omega_m(t) = \frac{d\theta_m(t)}{dt} \quad (3)$$

Iha ne'ebe

ω_m = Rotor angular velocity (rad/s)

θ_m = Rotor angular position with respect to a stationary axis (rad)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

51

- Iha kondisoens steady state mekániku torque hanesan elétriku torque no accelerating torque mak zero. La iha aselersaun no rotor speed mak konstanta iha synchronous velocity.
- Bainhira mekániku torque barakliu elétriku torque depois aselersaun torque mak positivu no speed hosi rotor aumenta.
- Bainhira mekániku torque menusliu elétriku torque depois aselersaun torque mak negativu no speed hosi rator hamenus.
- Bainhira ita interese iha rator speed ralativu ba synchronous speed nia konveniente ba medida pozisaun rotor angular ho respeitu ba synchronously rotating axis envesde estasionariu ida.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

52

Nune'u ita define

$$\theta_m(t) = \omega_{syn}t + \delta_m(t) \quad (4)$$

Iha ne'ebe

ω_{syn} = Velocidade synchronous angular hosi rotor, rad/s

δ_m = Rotor angular position ho respeito ba referensia synchronously rotating

Atu hatene konseptu hosi synchronously rotating reference axis konsidera diagrama iha Figura 2. Iha ezemplu idane'e rotor mak rotating iha half the synchronous speed, $\omega_{syn}/2$, henesan ne'e iha tempu nia foti ba reference axis to rotate 45° rotor rotates deit 22.5° no pozisaun rotor angular ho reference ba mudansa rotating axis hosi -45° to -67.5° .

18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

53

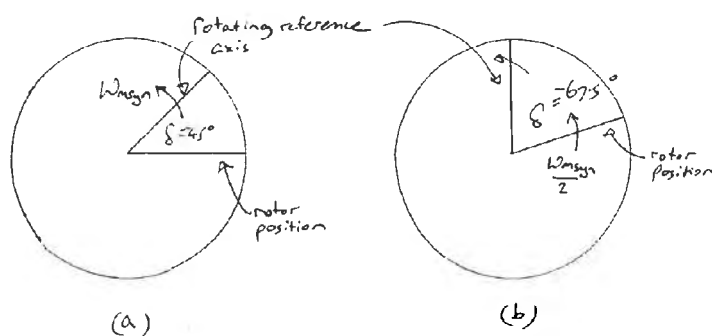


Figure 2 Synchronously rotating reference axis

18/6/2013

JICA Ekpa Asistensia Tékniku

54

Hosi (2) no(4), ami haree katak ekuasaun (1) bele hakerek hanesan

$$J\omega_m(t) = J \frac{d^2\theta_m(t)}{dt^2} = J \frac{d^2\delta_m(t)}{dt^2} = T_m(t) - T_e(t) = T_a(t) \quad (5)$$

Sira nebe ita analiza sistema enerjia ida ita iha valores enerjia nian barakliu ita iha valores torque nian. Tan ne'e nia konveniente liu atu servisu ho espresoens hosi enerjia. Aleindisu nia konveniente atu konsidera enerjia idane'e iha per unit diakliu duke atual units.

Enerjia hanesan ho angular velocity times the torque no per unit power bele hetan hosi dividing, atu nune'e:

$$\frac{J\omega_m(t) \frac{d^2\delta_m(t)}{dt^2}}{S_{rated}} = \frac{\omega_m(t)T_m(t) - \omega_m(t)T_e(t)}{S_{rated}} = \frac{p_m(t) - p_e(t)}{S_{rated}} = p_{mpu}(t) - p_{epu}(t) \quad (6)$$

P_{mpu} = Enerjia mekaniku fornese hosi prime mover minus mekaniku losses (per unit)

P_{epu} = Output enerjia eletriku hosi jerador losses eletriku (per unit)

18/6/2013

JICA Ekupa Asistensia Tekniku

55

Ita define valór nafatin koñese hanesan normaliza inersia beibeik, ka "H" sempre.

$$H = \frac{\text{stored kinetic energy at synchronous speed}}{\text{generator voltampere rating}} \quad (7)$$

$$= \frac{\frac{1}{2} J \omega_{syn}^2}{S_{rated}} \quad (\text{joules/VA or per unit-seconds})$$

Ekuasaun (6) sai

$$2H \frac{\omega_m(t) \frac{d^2\delta_m(t)}{dt^2}}{\omega_{syn}^2} = p_{mpu}(t) - p_{epu}(t) = p_{apu}(t) \quad (8)$$

Iha ne'ebe P_{apu} = Enerjia aseleradu

Ita define per-unit rotor angular velocidade hanesan:

$$\omega_{pu}(t) = \frac{\omega_m(t)}{\omega_{syn}} \quad (9)$$

Ekuasaun (8) sai

$$\frac{2H}{\omega_{syn}} \omega_{pu}(t) \frac{d^2\delta_m(t)}{dt^2} = p_{mpu}(t) - p_{epu}(t) = p_{apu}(t) \quad (10)$$

18/6/2013

JICA Ekupa Asistensia Tekniku

56

Bainhira jeradór synchronous ida iha P poles, the synchronous electrical angular velocity, ω_{syn} koñese loosliu hanesan frekuensia synchronous elétrikul radian, bele relasiona ba velocidade synchronous mekániku angular hosi relasaun tuirmai.

$$\omega_{syn} = \frac{P}{2} \omega_{mech} \quad (11)$$

Atu hatene oinsa relasaun ne'e mosu, konsidera katak número mekániku radians nian iha one full revolution hosi rotor mak 2π . If, for instance, jeradór ida iha 4 poles (2 pairs), no iha 2π electrical radians entre poles in a pair depois electrical waveform sei la'o liuhosi $2 \times 2\pi = 4\pi$ electrical radians iha revolusaun hanesan hosi rotor.

Iha número jerál hosi electrical radians iha revolusaun ida mak número hosi mekániku radians times the número hosi pole pairs (the number of poles divided by two).

Relasaun hatudu iha (11) mós iha aselersaun elétriku angular $\alpha(t)$, frekuensia elétriku radian $\omega(t)$, and enerjia elétriku angle δ valores.

$$\begin{aligned} \alpha(t) &= \frac{P}{2} \alpha_m(t) \\ \omega(t) &= \frac{P}{2} \omega_m(t) \\ \delta(t) &= \frac{P}{2} \delta_m(t) \end{aligned} \quad (12)$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

57

Hosi (9) ita haree katak

$$\omega_{pu}(t) = \frac{\omega_m(t)}{\omega_{syn}} = \frac{\frac{2}{P} \omega(t)}{\frac{2}{P} \omega_{syn}} = \frac{\omega(t)}{\omega_{syn}} \quad (13)$$

Nune'e ekuasaun (10) bele hakerek iha termus elétriku diakliu mekániku:

$$\frac{2H}{\omega_{syn}} \omega_{pu}(t) \frac{d^2 \delta(t)}{dt^2} = p_{mpu}(t) - p_{apu}(t) = p_{apu}(t) \quad (14)$$

Ekusaun ne'e hatene koñese hanesan "**SWING-EQUATION**" mak ekuasaun fundamental iha rotor dynamics determinadu iha estudus estabilidade transient.

Ekusaun swing mak non-linear tanba $p_{mpu}(t)$ funsaun non-linear hosi δ no tanba termu $\omega_{pu}(t)$. Rotor speed, maibe, la trata ho diak hosi synchronous speed durante transients no valór hosi $\omega_{pu}(t) \approx 1.0$ baibain uza kalkulasaun liman.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

58

Ekuasaun enerjia elétriku

Iha ekuasaun swing mekániku enerjia hosi prime mover, P_{mp} , konsidera nafatin. Idane'e reazonavel asumpsaun hanesan kondisoens iha redi elétriku bele espeta atu troka molok slower acting control governor bele kauza turbina atu reaje.

Enerjia elétriku, P_{em} , portantu sei determina kualker rotor aselera, decelerates ka remains iha constant synchronous speed. Disturbansias redi elétriku rezulta hosi mudansas estremu iha sistema karga, redi faults no operasaun sirkuitu breaker sei kauza jeradór output atu muda lalais no transients sei eziste.

Mesín synchronous reprezenta estudus estabilidade transient hosi voltajen internu transient E' iha series ho ninia transient reactance X'_d hanesan hatudu iha Figura 3.

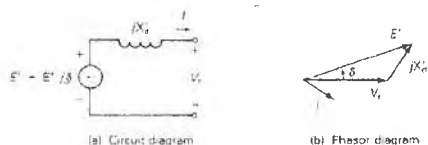


Figure 3 Simplified synchronous machine model for transient stability studies

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

59

Jeradores normalmente liga ba sistemas liñas tranzmisaun kalma, transformadores no mesin sira seluk. Bainhira sistemas boot natoon, hanesan barakliu sira iha, "infinite bus" iha sistema reactance kotu bele reprezenta sira. Infinite bus ida mak rekursu voltajen ideal ida nebe mantein nafatin medida voltajen, phase no frekuensia. Figura 4 ilustradus aranjamentu koneksaun hosi jeradór synchronous ba sistema ekivalente.

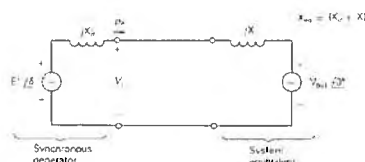


Figure 4 Synchronous generator connected to a system equivalent

Enerjia réal nebe lori hosi jeradór ba bus infinitu (and therefore the system) mak nune'e:

$$P_e = \frac{E' V_{sys}}{X_{eq}} \sin \delta = P_{max} \sin \delta \quad (15)$$

Where

$$X_{eq} = X'_d + X$$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

60

Kritériu área hanesan

Metodu ida koñese hanesan kritériu área hanesan bele uza ba predisaun lais hosi estabilidade. Metodu idane'e determina karik mesin ida mantein ninia estabilidade depois disturbansia ida hosi interpretaun grafiku hosi enerjia hatama iha rotating mass. Maibe, nia, limita ba sistema mesin ruma nebe liga ba infinite bus ida ka ba sistemas mesin rua. Kompleksu barak no solusaun numeriku akurat hosi ekuasaun non-linear swing bele hala'o hosi komputadór no aplikavel especialmente atu analiza hosi sistemas multi-machine. Iha notas hirak ne'e ita sei fokus konaba metodu solusaun numeriku, nebe prefere atu haree ba kritériu área hanesan fasil liu.

Figura 5 hatudu plots hosi enerjia elétriku P_e no enerjia mekániku P_m versus enerjia angle δ . Unidade produsaun ilustradu iha figura 5 inisialmente opera iha steady state ida no $P_e = P_m = P_{m0}$ and $\delta = \delta_0$.

Karik etapa ida troka iha mekániku enerjia mosu nune'e nia aumenta ba s to $P_m = P_{m1}$ iha tempu hanesan zero. Rotor iha inertia no hanesan pozisaun rotor labele muda kedas, $\delta_m(0-) = \delta_m(0+)$. Hanesan enerjia elétriku angle relasiona ho pozisaun rator no enerjia elétriku relasiona ho enerjia elétriku angle depois enerjia elétriku labele muda $\delta(0-) = \delta(0+) = \delta_0$ and $P_e(0-) = P_e(0+)$.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

61

Enerjias elétriku no mekániku sei labalansiu no enerjia nebe aselera sei reaje atu aumenta rotor speed no δ sei aumenta. Bainhira angle δ alkansa deseju valor hosi δ_1 hafoin aseleraun, $d^2\delta/dt^2$, sei zero maibe hanesan velocidade mak synchronous angle iha leten δ sei kontinua atu menta no tarjetu overshoot. Once past δ_1 enerjia elétriku sai bootliu enerjia mekániku no deseleradus rotor. Hafoin alkansa valor másimu nia komesa atu swing fali mai δ_1 . Karik laiha damping agora hafoin angle δ sei kontinua atu oscillate konaba δ_1 pontu. Damping, maibe apresenta tanba losses elétriku no mekániku, no δ eventualmente rezolve ba ninia final steady state value δ_1 .

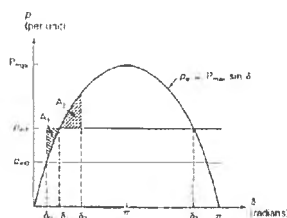


Figure 5 Electrical and Mechanical power versus δ

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

62

Karik ita konsidera agora ekuasaun swing no asume katak $\omega_{pu}(t) \approx 0.1$ depois:

$$\frac{2H}{\omega_{pu}} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = p_{mpu} - p_{epu} \quad (16)$$

Karik ita multiplika partes rua ne'e hotu ho $d\delta/dt$ no uza identidade

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{d\delta}{dt} \right]^2 = 2 \left(\frac{d\delta}{dt} \right) \left(\frac{d^2 \delta}{dt^2} \right)$$

Equation (16) becomes

$$\frac{2H}{\omega_{pu}} \left(\frac{d^2 \delta}{dt^2} \right) \left(\frac{d\delta}{dt} \right) = \frac{H}{\omega_{pu}} \frac{d}{dt} \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 = (p_{mpu} - p_{epu}) \left(\frac{d\delta}{dt} \right) \quad (17)$$

Multiplikasaun ekuasaun (17) ho dt no integra hosi δ_0 ba δ ami hetan espresaun tuirmai:

$$\frac{H}{\omega_{pu}} \int_{\delta_0}^{\delta} d \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 = \int_{\delta_0}^{\delta} (p_{mpu} - p_{epu}) d\delta \quad (18)$$

Or

$$\frac{H}{\omega_{pu}} \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 \bigg|_{\delta_0}^{\delta} = \int_{\delta_0}^{\delta} (p_{mpu} - p_{epu}) d\delta \quad (19)$$

18/6/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

63

Nota katak integrasaun iha leten komesa δ_0 no remata iha arbitrary angle balun δ . Valór hosi $d\delta/dt$ mak zero iha δ_0 hanesan mesín mak iha steady state. Valór hosi $d\delta/dt$ mós zero iha δ hanesan δ_2 , nu'udar mudansas rotor diresaun fali mai δ_1 . parte karuk hosi (19) igual zero ba $\delta = \delta_2$ no tan ne'e:

$$\int_{\delta_0}^{\delta} (p_{mpu} - p_{epu}) d\delta = 0 \quad (20)$$

Karik ita separadu (20) iha arcas asclerasaun no desclerasaun ita hetan ekuasaun tuirmai:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_1} (p_{mpu} - p_{epu}) d\delta + \int_{\delta_2}^{\delta_1} (p_{mpu} - p_{epu}) d\delta = 0 \quad (21)$$

18/6/2013

JICA Ekapa Asisténsia Tékniku

64

Nota oinsa elementus rua (21) ekipara ba areas A1 no A2 hatudu iha Figura 5 no tuir ekuasoens rua hodi satisfaitu areas rua tenke igual. Tanba ita bolu idane'e kritério “*equal area*”.

Iha pratika, troka derepentí iha enerjia mekániku la mosu hanesan tempu asosiadu nafatin ho prime mover dynamics tuir detik. Maibe, estabilidade However, stability fenómeno hanesa ho deskrebe iha leten bele mós mosu hosi troka derepentí iha enerjia elétriku tanba sistema mudansa hanesan sistema faults.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

65

Metodus dezeńu hodi promove estabilidade transient

Iha número medidas dezeńu nian nebe bele implementa atu promove estabilidade transient hosi sistema enerjia:

1. Promove másimu enerjia transfere kapasidade

Promove másimu enerjia transfere kapasidade hosi sistema meius nebe enerjia bele transfere liuhosi pozisoens alternativu un-faulted hosi redi bainhira mosu fault ida. Efek hosi fault ida iha sistema sei la hanesan estremo. Másimu transfere kapasidade hosi sistema ida bele promove liuhosi metodus tuirmai:

- a. Implementa no uza sistema niveis voltajen aasliu (system losses will decrease as current flows will be lower, especially important in cases where line distances are large)
- b. Instala liñas tranzmisaun adisional
- c. Instala liñas no transformadores ho valores reactance ki'ikliu
- d. Instala series capacitive kompensasaun liña tranzmisaun atu redús reactance hotu hosi liñas
- e. Instala static VAR kompensadores no fleksível AC sistemas tranzmisaun (FACTS)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

66

2. Implementa high speed fault clearing

Ne'e vital atu hamos faults depois tempu kritiku clearing alkansa tantu quicker fault ida hamos diakliu.

3. Implementa high speed re-closure of circuit breakers

Hanesan maioria hosi liña tranzmisaun sirkuitus badak temporariu, re-closure post fault bele benefisia iha preparasaun kapasidade enerjia transfere diakliu. Kuidadu tenke foti iha kazu ne'e atu garante katak re-closing iha fault permanente ida no subsequent re-opening sei la kontráriu efek estabilidade hosi sistema.

4. Implementa single pole switching

Maioria hosi sirkuitus badak mak single line ba ground no switch sai independente hosi deit faulted phase signifika katak korenti enerjia balun bele kontinua liuhosi faulted line. Estudus hatudu tiha ona katak single line ba ground faults mak self-clearing maske bainhira faulted phase deit mak de-energised.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

67

5. Uza jeneradores ho mesin inersia boot no ho transient reactance ki'ik

Synchronous mesin inersia boot baibain (H) rezulta iha redusaun iha aselersaun angular no nune'e slowing down hosi angular swings. Tempu kritiku clearing aumenta.

Redusaun mesin transient reactance aumenta kapasidade enerjia transfere durante faults no iha periodus postu fault.

6. Uza fast responding, high gain exciters

Sistemas esitasaun modernu bele dezigna atu reaje lais no ho aas iha eventu hosi sentidu terminál voltajen ki'ik durante faults. Efek atu aumenta output jeradór durante fault no periodus postu fault. Tempu kritiku clearing aumenta.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

68

7. Implementa fast valving

Turbinas stim balun komple ho lalais valvula atu muda arus stim no hamenus ho-lalais output mekániku. Bainhira fault ida mosu besik ba jeradór output enerjia elétriku redús no lalais valvula muda ba balansiu mekániku no enerjias elétriku. Ne'e prepara aseleraun nebe redús no tempu narukliu kítiku clearing.

8. Breaking Rezistores

Iha sistemas enerjia, areas jenerasaun bele temporariamente separadu hosi areas karga. Bainhira separasaun mosu breaking rezistor ble inserta iha área jersaun ba dalarua tuir aseleraun neineik.

AsisténsiaTékniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál (ADN) nian
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus

No.	Konteúdus
1	Introdusaun
2	Estasaun Enejia (Diesel)
3	Subestasaun
4	Sistema Tranzmisaun no Distribuisaun
5	Estudu Sistema Enerjia
6	Analiza Korenti Enerjia
7	Sistema Estabilidade Enerjia
8	Ezemplu ida hosi Analiza Sistema Enerjia (Uza PSS/E)
9	Enerjia Renovavel (Enerjia Photovoltaic)
10	Sistema Protejementu
11	Sistema Operasaun no Kontrolu Enerjia
12	Selukseluk

Konteúdu bele
muda depende ba
kondisaun.
Ha'u hakarak
diskute kona-ba
konteúdu ho Sr.
Miguel no ITA.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

2

X. EZEMPLU IDA HOSI ANALIZA SISTEMA ENERJIA (UZA PSS/E)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

3

X. EZEMPLU IDA HOSI ANALIZA SISTEMA ENERJIA (UZA PSS/E)

INTRODUSAUN BA PSS/E

Deskulpa ba pajina neen tuirmai haree hanesan anúnsiu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

4

Overview

- PSS®E mak instrumentu software prinsipál nebe uza hosi tranzmisaun elétriku partisipantes world-wide. Analizas probabilistic no dinámiku avansadu modela kapasidades nebe inklui iha PSS®E prepara enjeñerus operasoens no planeamentu tranzmisaun a broad range metodolojias nian hodi utiliza iha dezeńu no operasaun hosi redes reliavel. PSS®E mak tuir padraun Siemens nebe oferese ba analiza tranzmisaun elétriku nebe kontinua sai opsaun teknolojia nian iha merkadu ever-growing ida nebe hakat liu nasoens I15.
- Bainhira ninia introdusaun iha 1976, **Power System Simulator for Engineering** tool sai tiha ona komprensivu barakliu, téknikamente avansadu, no utiliza luan programa komersial hosi ninia tipu. Nia mais rekoñese hanesan barakliu ho marka, time-tested no hala'o programa komersial availevel diakliu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

5

Kapasidades Analitiku

- PSS®E mak integradu ida, programa interativu ba simulating, analyzing, no optimizing apresentasaun sistema enerjia. Nia prepara utilizadór ho avansadu liu no metodus komprovalu iha áreas tékniku barak:
 - PSS®E kapasidades analitiku inklui:
 - Korenti enerjia
 - Analiza kontinjensia
 - Kontinjensia probabilistic
 - Simulasaun dinámiku (inklui
 - Termu estende)
 - Sirkuitu badak (inklui IEC 60909).
 - Prepara modelus opsionál:
 - Optimal power flow (OPF)
 - Small signal stability analysis (NEVA)
 - Graphical model builder (GMB).

PSS®E Version 33 released May 2011.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

6

Korenti Enerjia

- Forsa tebes, no sistema teste real-world modela to'o 50,000 buses
- Graphical user interface (GUI)
- User-defined subsystems — subsystems bazeia iha áreas, owners, zones, bus kV ka kombinasoens
- Liu tinan 30 hosi empregu komersiál no user-suggested enhancements have made

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

7

Analiza kontinjensia

Bainhira hala'o analiza kontijensia iha PSS®E, kontijensias bele espesífika automatikamente mós (n.e., kontijensias N-1) ka lista user-defined. Rezultadu mak lista komprensivu ida hosi teste kontijensias no sira nebe indentifika violasoens. PSS®E Corrective Action feature bele depois aplika automatikamente hamihis violasoens kontijensia nebe hafoin prepara lista refined hosi violasoens sériu hodi rezolve.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

8

Kontijensia Probabilistic

Siemens PTI lori ita tranzmisaun komprensivu analiza kontijensia probabilistic hodi haboot baze state-of-the-art formulasoens analitiku hosi ita-nia PSS®TPLAN software no integra sira iha PSS®E. Kontijensia probabilistic karakterístika kapasidades fasil konfigurasan, modela detalla hosi asaun eskemas remedial, identifikasan efektivu hosi kondisoens voltajen collapse, no utiliza automatiku hosi despasu jerasaun no rekerementus karga shedding. Hirak ne'e karakterístiku kombinadu prepara programa utilizadór ho instrumentu all-inclusive ida atu evalua reabilidade lala'ok tranzmisaun iha sistemas enerjia boot ka ki'ik iha bazes deterministic no probabilistic.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

Simulasaun Dinámiku

- Modelu simulasaun dinámiku hosi PSS®E mak instrumentu servatil ida atu investiga sistema responde ba disturbansia nebe kauza boot no troka derepentí iha sistema enerjia. Modelu simulasaun dinámiku la oferese deit armazén vastu hosi modelus built-in tested hodi modela tipus diferente ekipamentu nian, nia mós oferese kapasidade atu kria modelus user-defined hosi kompleksidade ruma.
- Modelus utilizadór bele dezenvolve uza kode Fortran, ka Graphical Model Builder (GMB) bele uza hodi kria grafikamente no teste kontrolu bloku diagramas nebe uza iha PSS®E no produsus PSS® seluk. Pakote integradu plotting husik utilizadór atu espesífika plots komprensivu no kustomizavel ho abilidadade atu esporta ba formatus gráfiku populár balun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

X. EZEMPLU IDA HOSI ANALIZA SISTEMA ENERJI (UZA PSS/E)

ANALIZA KORENTI ENERJIA UZA PSS/E

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

BUSES

- Númeru Bus: Hatudu númeru dezigna ba bus espesífiku (1 liuhosi 999997).
- Naran Bus: indikadór Alphanumeric dezigna ba bu "#". Naran bele to karakter sanulu resi rua. Naran bus bele kontein kombinasau ruma hosi blanks, uppercase letters, númerus laiha karakter espesial. Naran bus iha dozi blanks hosi default.
- Baze kV: Bus bazeia voltajen; hatama iha kV.
- Kode: Tipu kode bus:
 - 1 – Karga bus (laiha kondisaun baliza jeradór)
 - 2 – jeradór ka plant bus (either voltage regulating or fixed Mvar)
 - 3 - Swing bus
 - 4 - Dezligasaun (izola) bus
 - 5 – Hanesan mós tipu 1, maibe lokaliza iha boundary hosi área ida iha ne'ebe ekivalente pruntu konstrui
 - Code = 1 by default.
- Voltajen (PU): Medida voltajen bus; hatama iha per unit, V = 1.0 by default.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

Bus Number	Bus Name	Base kV	CODE	Voltage	Angle
1010	Dili	150	1		
1020	Hera	150	1		
1030	Manatuto	150	1		
1040	Baucau	150	1		
1050	Lospalos	150	1		
1060	Viqueque	150	1		
1070	Same	150	1		
1080	Cassa	150	1		
1090	Suai	150	1		
1100	Maliana	150	1		
1110	Liquica	150	1		
1100	Dili	20	1		
120	Hera	15	3	1.00	0.00
130	Manatuto	20	1		
140	Baucau	20	1		
150	Lospalos	20	1		
160	Viqueque	20	1		
170	Same	20	1		
175	Betano	15	2		
180	Cassa	20	1		
190	Suai	20	1		
200	Maliana	20	1		
210	Liquica	20	1		

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

13

Branches

- Hosi Bus: Branch "from bus" número outside brackets ho naran bus name no bus kV hamutuk iha brackets.
- Ba Bus: Branch "to bus" número outside brackets ho naran bus no bus kV hamutuk iha brackets.
- Liña R (PU): Rezisténsia branch; hatama iha per unit. Valór hosi R tenke hatama ba branch idaidak.
- Liña X (PU): Branch reactance; hatama iha per unit. Valór nonzero hosi X tenke hatama ba branch idaidak.
- Karegamentu (PU) Total branch charging susceptance (part imajinariu hosi admitansia); hatama iha per unit. B = 0.0 by default.
- Rate A (MVA): First power rating; hatama iha MVA. Rate A = 0.0 (bypass check for this branch) by default.
- Rate B (MVA): Second power rating; hatama iha MVA. Rate B = 0.0 by default.
- Rate C (MVA): Third power rating; hatama iha MVA. Rate C = 0.0 by default.
- Length: Line length; hatama iha unidades user-selected.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

14

➤ Iha ne'e, liña la muda nebe asume hosi data padronizadu Kansai Electric Power nian hosi Japan.

➤ $R=0.669$, $X=2.1$, $Y=0.0078$ [%/km/cct, 154kV, 1,000MVA base], ACSR, 200mm²

➔ $R=0.669 \times 154^2 / 150^2 / 100 = 0.00705 \text{ pu/km/cct}$

$X=2.1 \times 154^2 / 150^2 \times (50/60) / 100 = 0.018 \text{ pu/km/cct}$

$Y=0.0078 \times 150^2 / 154^2 \times (50/60) / 100 = 0.000062 \text{ pu/km/cct}$

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

15

From	From Bus Name	To	To Bus Name	Id	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging (pu)	Length[km]
	Dili		Hera	1	0.06922395	0.176742	0.000608778	9.819
	Dili		Hera	2	0.06922395	0.176742	0.000608778	9.819
	Hera		Manatuto	1	0.2883591	0.736236	0.002535924	40.902
	Hera		Manatuto	2	0.2883591	0.736236	0.002535924	40.902
	Manatuto		Baucau		0.36891945	0.941922	0.003244398	52.329
	Baucau		Laspalos		0.44766795	1.142982	0.003936938	63.499
	Baucau		Viqueque		0.30403125	0.77625	0.00267375	43.125
	Loasplos		Viqueque		0.72924495	1.861902	0.006413218	103.439
	Viqueque		Same		0.59554875	1.52055	0.00523745	84.475
	Same		Casa		0.1791264	0.457344	0.001575296	25.408
	Casa		Suai		0.27181275	0.69399	0.00239041	38.555
	Suai		Maliana		0.41019015	1.047294	0.003607346	58.183
	Maliana		Liquica		0.31669305	0.808578	0.002785102	44.921
	Liquica		Dili		0.2736669	0.698724	0.002406716	38.818
					0.00705	0.018	0.000062	1.0

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

16

Kargas

- Númeru/Naran bus: Naran bus
- Id: ne'e ida, ka rua, character uppercase, nonblank, alphanumeric load identifier. Nia uza atu haketak entre multiplika kargas iha " Númeru/Naran Bus " hanesan. Iha buses iha ne'ebe iha single load present ida, ID = 1.
- In-Service: Marka check ida indika kata karga natoon iha " Númeru/Naran Bus " nakonu ho operacional. Karik ba razaun ruma karga natoon iha " Númeru/Naran Bus " presiza atu lori sai hosi servisu, simplika un-check katak partikulár ida no click liña iha leten ka kraik atu halo ita-nia mudansas finál.
- Pload (MW): komponente enerjia ativu hosi hosi karga MVA baibain; hatama iha MW.
- Qload (MW): komponente enerjia reativu hosi karga MVA baibain; hatama iha MVAR.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

17

Supozisoens ba Kondisaun Karga

- Totál hosi karga enerjia ativu iha Timor Leste hotu mak valór output hosi fabrika enerjia Hera kuaze 15:00 iha Juñu 18, 2013. ➔ 35.4MW
- Valór karga nian iha leten nebe aloka hosi kapasidade ration hosi distribuisaun subestasaun.
- Fatór enerjia hosi karga idaidak mak 90 %.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

18

Bus Number	Bus Name	Id	In Service	Pload (MW)	Qload (Mvar)	Capacity (MVA)
110	Dili		1	10.91	5.28	63
130	Manatuto		1	1.73	0.84	10
140	Baucau		1	5.45	2.64	31.5
150	Lospalos		1	3.46	1.68	20
160	Viqueque		1	1.73	0.84	10
170	Same		1	1.73	0.84	10 (Assumption)
180	Cassa		1	1.73	0.84	10
190	Suai		1	3.46	1.68	20
200	Maliana		1	3.46	1.68	20
210	Liquica		1	1.73	0.84	10

SUM	35.40	17.15	204.5
-----	-------	-------	-------

Pall	35.40
PF	0.90

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

19

Máquinas

- Número/Naran Bus: Ne'e hatudu Número Bus (iha ne'ebe mesin lokaliza) sai brackets no displays naran bus hanesan mós bus voltajen iha kV iha brackets laran.
- Id: Ne'e ida, ka rua, character uppercase, nonblank, alphanumeric machine identifier. Ne'e uza atu haketak entre multiple machines iha plant (n.e., iha iha jeradór bus). Iha buses iha ne'ebe iha single machine present, ID = 1.
- In-Service: marka cek indika katak mesin balun iha "Número/Naran Bus" ida nebe nakonu ho operasionál. Karik iha razaun ruma iha mesin balun iha "Número/Naran Bus" presiza atu lori sai hosi servisu, simplika un-check katak partikulár no click liña iha leten ka kraik atu halo ita-nia mudansas finál.
- Pgen: Idane'e mak enerjia ativu nebe jeradór tau sai: hatama iha MW.
- Pmin: Idane'e mak mínimu enerjia ativu nebe jeradór bele output; hatama iha MW.
- Pmax: Idane'e mak másimu enerjia ativu nebe jeradór bele output; hatama iha MW.
- Qgen: Idane'e mak enerjia reativu nebe jeradór tau sai: hatama iha MVAR.
- Qmin: Idane'e mak mínimu reativu enerjia nebe jeradór bele output; hatama iha MVAR.
- Qmax: Idane'e mak másimu reativu enerjia nebe jeradór bele output; hatama iha MVAR.

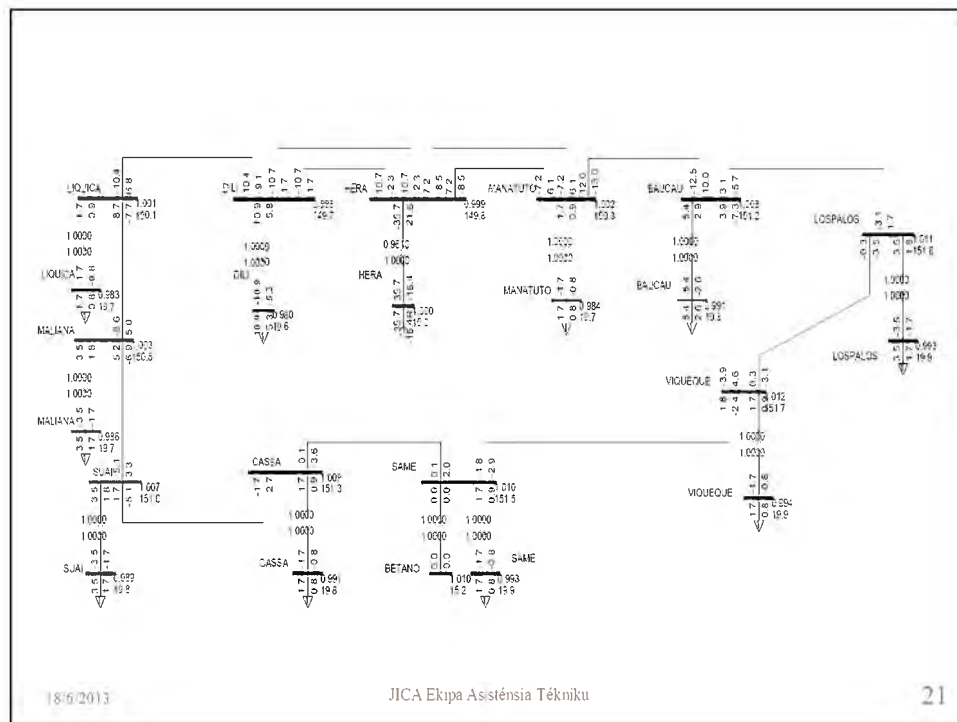
Bus Number	Bus Name	Id	In Service	Pgen (MW)
120	Hera		1	36.0

Valór la iha signifika tanba Hera mamar..

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

20



Saida mak ita bele hatene hosi rezultadu

- Loss hosi enerjia ativu iha sistema hotu 0.3 MW.
- Karga Dili nian tenke bootliu. Nia bele 10 MW ($30.2 - 21.4 = 8.8$) bootliu.

Bus Number	Bus Name	Id	In Service	Load (MW)	Load (Mvar)	Capacity (MVA)
110	Dili		1	24.43	11.83	63
130	Manatuto		1	0.75	0.37	10
140	Baucau		1	2.38	1.15	31.5
150	Lospalos		1	1.51	0.73	20
160	Viqueque		1	0.75	0.37	10
170	Same		1	0.75	0.37	10
180	Cassa		1	0.75	0.37	10
190	Suai		1	1.51	0.73	20
200	Maliana		1	1.51	0.73	20
210	Liquica		1	0.75	0.37	10
SUM				35.10	17.00	141.5
Pall				35.10	16.7	
PF				0.90		

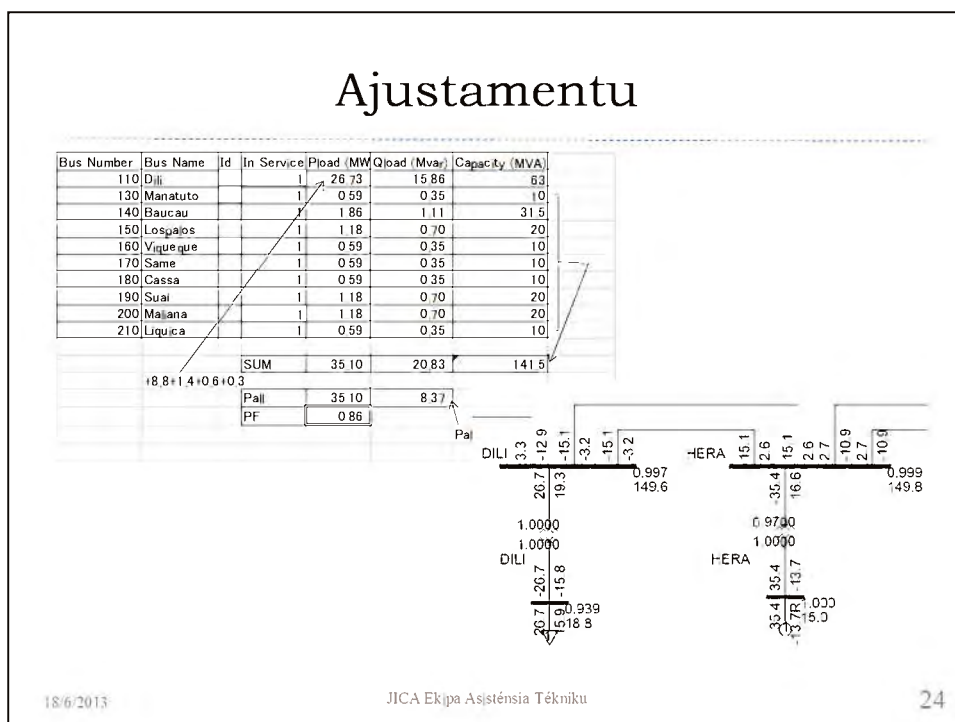
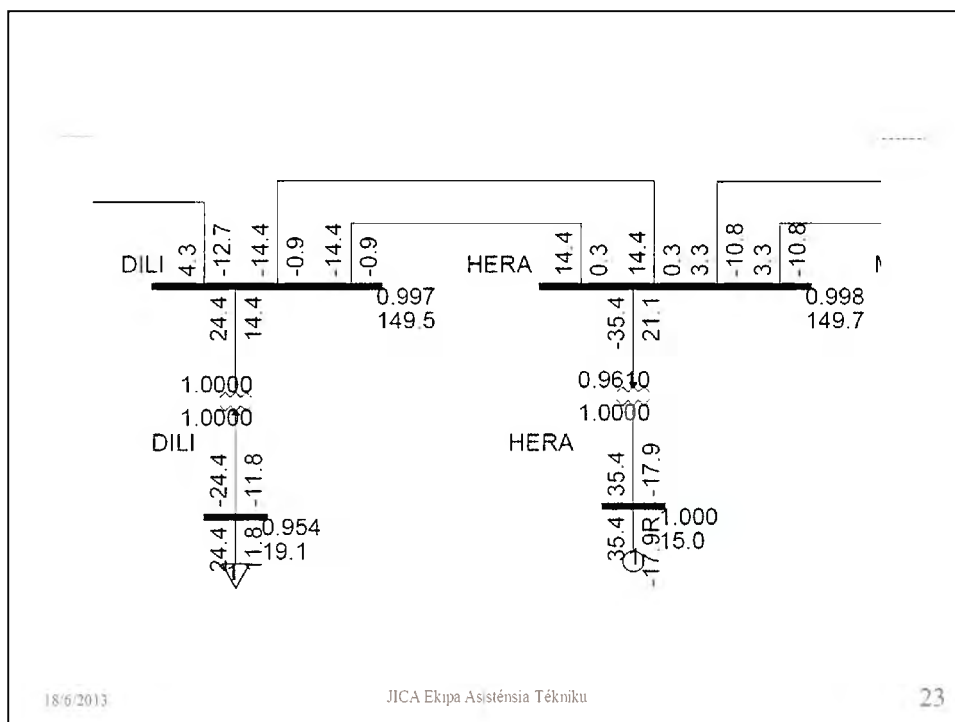
+8.8

Pall-load of Dili

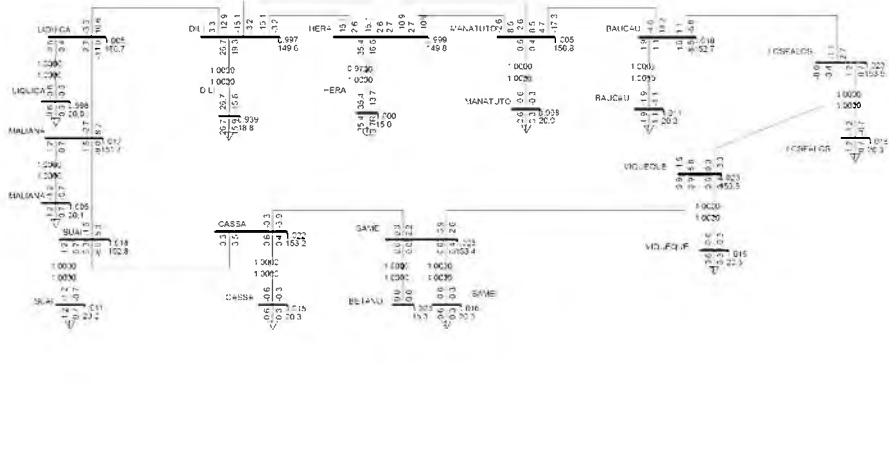
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

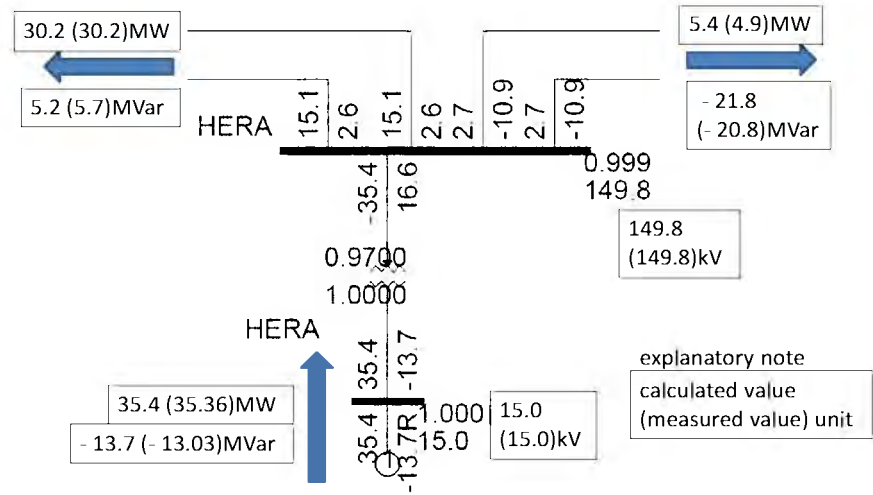
22



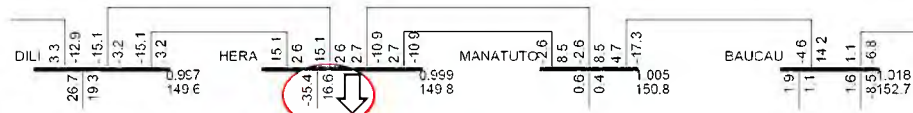
Rezultadu



Kompara ho valores kalkusaun

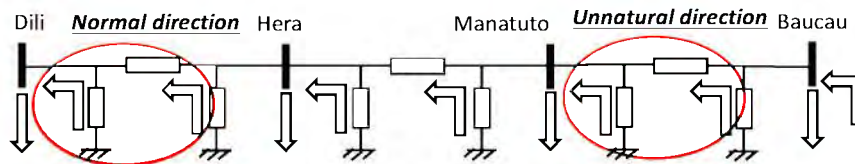


Razaun hosi Fatór Prinsipál Operasaun Enerjia



- Komsumidores enerjia nian ki'ik tebes
- Distansia naruk hosi liñas

The Reactive Power Flow

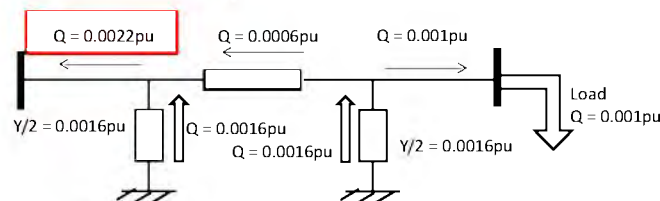


18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

27

- Kargamentu hosi liña (Y) entre Manatuto and Baucau (52km) is 0.0032pu (150kV, 1,000MVAbase).
- $Y/2 = 0.0016$
- Karik voltajen bus mak 1.0 pu, enerjia reativu, $Q=0.0016pu$ nebe jera.
- Iha parte seluk, ezemplu, karga reativu enerjia hosi Baucau mak 1.0Mvar (0.001pu).
- Tan ne'e, $0.0016+0.0006 = 0.0022pu = 2.2MVar$ la konsume no sulhi ba jeradores. Loss hosi liña tranzmisaun ignora tiha.



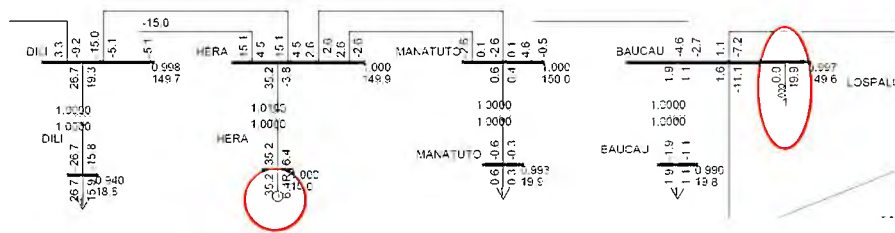
18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

28

Countermeasure

- countermeasures ida mak instala hosi reaktor shunt iha área norte-leste.



18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

29

AsisténsiaTékniku Japonés
kona-ba Hametin Kapasidade Institucional
Ajénsia Dezenvolvimentu Nasionál (ADN) nian
iha Demokrátiku de Timor-Leste

-- ENERJIA --

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

1

Sílabus

No.	Konteúdu	
1	Introdusaun	
2	Estasaun Enejia (Diesel)	Konteúdu bele muda depende ba kondisaun. Ha'u hakarak diskute kona-ba konteúdu ho Sr. Miguel no ITA.
3	Subestasaun	
4	Sistema Tranzmisaun no Distribuisaun	
5	Estudu Sistema Enerjia	
6	Analiza Korenti Enerjia	
7	Sistema Estabilidade Enerjia	
8	Ezemplu ida hosi Analiza Sistema Enerjia (Uza PSS/E)	
9	Oinsa atu Uza Rezultadu hosi Analiza Sistema Enerjia	
10	Enerjia Renovavel (Enerjia Photovoltaic)	
11	Sistema Protejementu	
12	Sistema Operasaun no Kontrolu Enerjia	
13	Selukseluk	

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

2

XI. OINSA ATU UZA REZULTADU HOSI ANALIZA SISTEMA ENERJIA

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

3

Overview

- Materiais idane'e esprika oinsa rezultadus hosi analiza sistema enerjia (Estudu Sistema Tranzmisaun) nebe uza atualmente hodi introdús materiál, 'An Overview of Transmission System Studies' (REA BULLETIN 1724E-202) publika hosi UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

4

1. INTRODUSAUN:

- Resente trends iha kompleksidade sistem enerjia, konservasaun enerjia no hatudu ekonómiku hosi projetus REA-financed reforsa nesesidade hodi kuidadu sistema planeamentu ba facilidades tranzmisaun. Estudus planeamentu jeralmente involve modela facilidades hirak ne'e tuir orden katak sistema apresentasaun bele konvenientemente observa no evalua.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

5

2. OBJETIVU:

- Objetivu hosi buletin idane'e mak atu ezbosa estudus sistema nebe tenke konsidera atu apoia kriteria dezeńu ba facilidades tranzmisaun hosi 34.5 liuhosi 765 kilovolts (kV).
- Apresenta iha Seksaun 3 mak lista ida hosi estudus sistema tranzmisaun ba aplikasoens facilidade oioin nebe tenke konsidera. Seksaun 4 iha input data presiza atu hala'o kada estudu. A Flow chart ida mak apresenta iha Seksaun 5 nebe relaciona interdependensia hosi estudu idaidak ba konseitu sistema planeamentu. Seksaun 6 iha esplikasaun detallu hosi estudu idaidak.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

6

3. APLIKABILIDADE SISTEMA ESTUDU:

- Tabela 1 representa lista ida hosi tipu estudus sistema tranzmisaun no rekerementus atu apoia REA relasiona planeamentu finansas ba projetus hosi 34.5 kV liuhosi 765 kV. Estudus sistema hirak ne'e tenke konsidera iha konjusaun ho sistema long range no rekerementus planeamentu finansieru. Lista hosi estudus idane'e la nesesariamente kompleta nein alista iha orden ruma prioridade nian. Kada estudu tenke kompleta ka konsidera hanesan rekere iha Tabela 1 ba facilidade espesifiku iha kestinariu tuir orden katak apresentasaun sistema bele evalua. (Refere ba Seksoens 5 no 6 hosi buletin idane'e ba deskrisaun detallu hosi estudu idaidak.)

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

7

- Número koluna iha tabela refere ba estudus tuirmai:

- 1) Viabilidade Facilidade
- 2) Karga Korenti
- 3) Reativu Kompensasaun
- 4) Estabilidade
- 5) Subsynchronous Resonance
- 6) Dezeñu Liña Estatístiku
- 7) Sirkuitu Badak
- 8) Kordenasaun Izolamentu
- 9) Corona no Radio Interferensia
- 10) Eletróestátiku no Eletrómagnetiku
- 11) Facilidade Tranzmisaun Ekónomikas

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

8

➤ Símbolos uza iha Tabela 1 define hanesan tuirmai:

- "X" indika estudu tenke hala'o no hatama ba REA iha konjusaun ho pedidu ida ba asaun REA iha planeamentu finanseiru.
- "Y" indika estudu tenke hala'o no hatama ba REA ho informasaun dezeñu projetu.
- "Z" indika estudu tenke hala'o maibe la hatama ba review anaunserke rekere hosi REA.
- "O" indika nia bele rekomendavel atu iha estudu apresentasaun depende ba sistema kompleksidade. REA tenke informa kualker ka la estudu sei kompleta iha tempu ne'ebe borrower sei informa karik REA hakarak atu review rezultadus.
- Laiha marka indika estudu la aprikavel jeralmente.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

9

4. REKEREMENTUS INPUT DATA :

➤ Prior ba modelus sistema dezvoltamentu ba planeamentu estudu idaidak, data tenke dezvoltave:

- (1) atu permite simulasaun matemátiku hosi sistema réal,
- (2) Atu ajuda hodi analiza sistema apresentasaun nian relasiona ba apresentasaun ekipamentu, no
- (3) Atu prepara limitasaun nune'e dezvoltamentu sistema bele halo.

➤ Deskrisaun badak hanesan input data agora sei apresenta ba jeradores, transformadores, liñas no kargas.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

10

4.1 Jeradores:

- Ba analiza steady-state, jeradores nebe reprezenta iha termus réal no enerjia reativu nian ba sistema. Sebaliknya, ba apresentasaun transient, sistema estudus bele presiza representasaun tomak hosi elétriku no karakteristikas mekániku hosi jeradór ida-idak.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

11

4.2 Transformadores:

- Sistema estudus barakliu presiza informasaun konaba rezisténsias core no winding loss, leakage reactances, turns ratios iha disponivel taps, no limitasaun automatiku tap-changing.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

12

Kapasidades analítiku

➤ PSS®E mak integradu, programa interativu ba simulasaun, analizasaun, no optimizasaun apresentasaun sistema enerjia. Nia prepara utilizadór ho metodus aprovalu no avansadu tebes iha áreas tékniku barak:

- PSS®E kapasidades analítiku inklui:
 - Korenti enerjia
 - Analiza kontinjensia
 - Kontinjensia probabilistic
 - Simulasaun dinámiku (inklui termu estende)
 - Sirkuitu badak (inklui IEC 60909).
- Prepara modelus opsionál :
 - Optimal power flow (OPF)
 - Small signal stability analysis (NEVA)
 - Graphical model builder (GMB).

PSS®E Version 33 released May 2011.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

13

4.3 Liñas Tranzmisaun :

➤ Liñas tranzmisaun jeralmente representa hosi modelus single phase ho series impedances ekivalente (kombinasoens resistance-inductance) entre liña terminais no shunt admittances ekivalente terminál ida-idak. Hodi balansia maneira sistema tranzmisaun three-phase iha ne'ebe single phase nebe representa tenke depende ba naruk liña no nesesidade loloos. Bainhira hili modelu, ne'e baibain atu klarifika liñas tranzmisaun hanesan badak, médiu, ka naruk. Laiha naruk definitivu nebe bele estipuladu atu fahe analiza liña badak no naruk. Ba kazus maioria, grau sufisiente loloos bele hetan hosi modelu liña badak iha liñas to'o 50 mil (80 kilometrus). Grau hosi varies loloos ho naruk liña no konfigurasaun no mós ho diamenter konduktor no espasu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

14

4.4 Kargas:

- Iha estudus korenti karga, kargas mak baibain reprezenta hosi rekerementus korenti enerjia reativu no réal baibain. Ba estudus estabilidade, kargas motór boot karakteriza hosi indusaun motór ekivalente sirkuitus elétriku.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

15

4.5 Miscellaneous:

- Input data mós dezenvolve ho razaun atu determina relay settings iha termus hosi limitasaun karga. Estudus estabilidade Transient dinámiku presiza koñesementu tempu relay no breaker nian no sekuésia operasaun. Outage rates no durasaun ba ekipamentu prinsíal hotu nesesariu mós ba dezenvolvimento reabilidade data

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

16

5. SISTEMA ESTUDU FLOW CHART:

- Tuirmai iha lista sistema estudus nian nebe tenke konsidera atu apoia kritéria dezeñu durante ho sistema estudu flow chart nebe relasiona estudu ida-idak ba konseitu planeamentu hotu. Estudus hirak ne'e alista iha Seksaun 3 no repete iha kraik kona-ba konveniênsia:
 - 1) Facility Feasibility
 - 2) Load Flow
 - 3) Reactive Compensation
 - 4) Stability
 - 5) Subsynchronous Resonance (SSR)
 - 6) Statistical Line Design
 - 7) Short Circuit
 - 8) Insulation Coordination
 - 9) Corona and Radio Interference
 - 10) Electrostatic and Electromagnetic
 - 11) Transmission Facility Economics
- SSR, item 5, prinsipalmente bele mosu bainhira series kompensasaun nebe emprega. Statistical Line Design Parameters, item 6, apresenta iha edisaun 1993 hosi National Electrical Safety Code (NESC) ba liñas tranzmisaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asistênsia Tékniku

17

- Sistema estudu flow chart nebe hatudu iha Figura 1. Estudu fasilidade feasibilidade rezulta informasaun kona-ba nivel voltajen, sistema kapasidade, tipu konduktor, no lokasaun besik hosi sirkuitus tranzmisaun. Bainhira planu baziku estabese, kompleta tan sistema estudu nebe uza hodi hala'o detallu estudus estabilida no karga korenti. Rezultadu hosi karga korenti ajuda determina adekuaudu hosi dezeñu relasiona ascitavel voltajen, phase angle, impedance, no variasoens power flow. Estudus kompensasaun reativu compensation studies utiliza informasaun hosi estudus karga korenti atu estabese tipus optimum rekursus reativu (var) nian. Hanesan mór, rezultadus hosi estudus estabilidade bele hatudu alternativus balun atu hetan estabilidade molok karakterístiku ekipamentu nebe espesífika. Hafoin estudus estabilidade no karga korenti, depois tomada hanesan problemas liu-voltajen nebe investiga via estudu dezeñu liña estatístiku bainhira votajen hirak ne'e influensia liña no aparrelus nivel izolamentu sira.

18/6/2013

JICA Ekpa Asistênsia Tékniku

18

-
- Dezeñu investigasoens liña estatístiku inklui lightning, contamination, no flashover strength studies atu rezulta sistema izomentu optimum ba fasilidade tranzmisaun. Estudus serkuitu badak nebe depois hala'o atu asegura selesaun protesaun loloos facilidades nian kontra sistema voltajen-liu (internal-switching surges no external-lightning strokes).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

19

-
- Investigasoens Extra-High-Voltage (EHV) nebe interesse ambiente no fatores seguransa mak estudus corona, radio interference, electrostatic (E/S) no electromagnetic (E/M). Ikusliu, estudus fasilidade tranzmisauj ekonómiku, tenke konsidera katak inklui tower, conductor, hardware, equipment, no right-of-way trade-off cost analyses.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

20

6. DISKUSAUN HOSI SISTEMA ESTUDU INDIVÍDU:

- Seksaun ida-ne'e fó adisionál detallus kona-ba tipu estudu nian ida-idak.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

21

6.1 Fasilidade Feasibilidade:

- Estudu Fasilidade feasibilidade inklui rekerementus karga no nilai, sistema voltajen, surge impedance loading no sistem kapasidade.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

22

6.1.1 Rekerementus Karga :

- Fundasaun hosi sistema estudu planeamentu ruma mak determinasaun hosi karga hodi serbí ne'ebé tenke kompativel ho aprova Requirements Study (7 CFR 1710, Subpart E). Karga ida-ne'e haree iha termus eskala nian; variasaun lorloran no tempu; área distribuisaun; lala'ok karakterístiku ho voltajen no varioens frekuensia; no rekrementus realiabilidade. Tuir koñesementu rekerementu tomak, prosesu planeamentu husu atu kuida projesaun hosi karga aumenta. Jeralmente, kargas projeta atu hatama sistema hanesan mós ba rejiaun ida-idak no maioria eziste no futuro subestasaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

23

6.1.2 Rekerementus Taxa :

- Hanesan mós sira-nia uza iha operasaun sistema liuhosi kondisoens lanoramál, tipu estudu ida-ne'e nian esensiál ba funsaun sistema planeamentu.
- Kada tipu hosi ekipamentu elétriku iha taxa thermal ida ne'ebé muda hanesan funsaun hosi siklu karga, ambient, loss of life, sun exposure, nst. Utilidades barakliu taxas sa'e hanesan tuirmai:
 - 1) Normal (continuous)
 - 2) Emergency - 4 hours, 8 hours, 24 hours
 - 3) Emergency - 1 month, 6 months
- Taxa hirak ne'e uza ba kargas planeamentu no kontijensia rua ne'e hotu. Sira mós asiste iha planeamentu ba ekipamentu diferente karga karakterístiku iha bailoro no udan.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

24

6.1.3 Sistema Voltajen :

- Sistema tranzmisaun voltajen iha kraik nivel extra-high-voltage (EHV) entre 34.5 no 230 kilovolts (kV). The nominál nivel EHV sira iha Estadus Unidu 345, 500 no 765 kV.
- Karik facilidade tranzmisaun dezenvolve ekonómikamente, etapas votajen tenke boot-ki'ik mós. Jeralmente, 230 kV sistema tranzmisaun sei hetan ida ne'e ekonómiku liu atu to'o iha 230 kV to'o karga aumenten rekerementus ditadu 500 kV hanesan nivel ekonómiku. Hanesan mós, 345 kV sistemas sei posivel liu 500 kV to'o 765 kV bainhira rekerementus karga aumenta ditadu nivel voltajen aasliu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

25

6.1.4 Surge Impedance Loading :

- Surge impedance loading (SIL) mak indikadór konveniente hodi kompara maizumenus kapasidade load-carrying hosi liñas tranzmisaun hosi voltajen diferente sira. SIL mak karga nebe liña sei lori bainhira kada phase terminadu iha impendace ida hosi:

$$Z_o = \frac{Z_L}{Y_C} \quad \text{Eq. 1} \quad \text{(formula is squared)}$$

where:

Z_o = surge impedance, in ohms

Z_L = series line impedance, in ohms per unit length

Y_C = shunt line admittance, in ohms per unit length

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

26

- SIL, iha megawatts (MW), mak funsaun hosi eskala Z_o (or Z_o°) no eskuadra hosi voltajen hanesan hatudu iha ekuasaun tuirmai:

$$SIL = \frac{V^2}{Z_o} \quad \text{Eq. 2}$$

where:

V = root mean squared (RMS) line-to-line voltage, in kilovolts (kV).

- Bainhira SIL fô idea jerál hosi kapasidade karga relativu liña ida nian, nia baibain atu karga liñas la to'o 300 miles (480 kilometers) iha SIL leten. Conversely, tanba hosi limitasoens estabilidade, nia baibain atu karga liñas bootliu 300 miles (480 kilometers) iha SIL kraik anaunserke kompensasaun kapasitor nebe emprega. Tabelas Computer-generated SIL nian REA estruturas tranzmisaun no liñas nebe apresenta iha REA Bulletin 1724E-201, "Electrical Characteristics of REA AC Transmission Line Designs."

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

27

6.1.5 Kapasidade Liña Tranzmisaun:

- Kapasidade hosi liña tranzmisaun dependente iha operesaun voltajen, limite manas, limite ekonómiku, no limite estabilidade.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

28

6.1.5.1 Limite Manas

- Tanba enerjia losses, korenti suli iha koduktor ruma rezulta temperatura sa'e, no karik permite atu sa'e pontu annealing, konduktor bele aat. Maibe, hafoin pontuu annealing sa'e, rekerementus vertical clearance bele sai fatór limitasaun. Karga presiza atu kria kondisaun ida-ne'e, normalmente husu limite manas, seru konsideradu tebes, depende iha temperatura ambiente, velocidade, tipu konduktor no kondisaun superfísie. (Hanesan limite manas nebe mosu, vertical clearances jeralmente redús tanba adisionál sag.) hafoun instala aluminum conductor steel reinforced (ACSR) ka all aluminum conductor (AAC) iha manas limite duké konduktor ne'ebé weathered no turned dark. Limite manas laos fatór determinante normalmente iha liñas tranzmisaun anauserke konduktor ki'ik no karga entre limite ekonómiku; iha liñas badak limite manas normalmente sa'e molok limite estabilidade.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

29

6.1.5.2 Limite Ekonómiku

- Determinasaun hosi medida konduktor barakliu ekonómiku kompleksu tanba involve variaveis barak. Variaveis hirak-ne'e inklui: (1) taxa hosi karga aumenta, (2) troka iha distribuísiaun jeográfiku no tipus kargas nian, (3) kustu right-of-way, (4) lokasaun hosi pontus forneseментu enerjia, (5) fatór karga, (6) servisu emerjensia, no (7) kontinuasaun hosi servisu. Ba konsidasaun sistema voltajen iha EHV range kraik, medidas konduktor bele jeralmente bele hili satisfatóriamente hosi aplikasaun hosi Kelvin's Law; n.e., medida ekonómiku barakliu hosi konduktor nebe ba investimentu kargas ne'ebé hanesan ba kustu enerjia losses nian.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

30

- maibe, aplikasaun hosi lei ida-ne'e ba liñas tranzmisaun EHV sei la rezulta jeralmente iha selesaun hosi medida konduktor optimum. Ida-ne'e tanba Kelvin's Law la refleta mundansa iha apoiu estruturas ho mudansa iha medida konduktor, no mós la inklui kapasidade transformadór. Analiza kustu kompletu tenke konta ba afeta sira hotu nebe rezulta hosi mudansa iha medida konduktor no sirkuitu karga. Hirak-ne'e inklui: (1) total kustu anuál nebe hadi'a hosi liña tranzmisaun kompletu hanesan funsaun hosi medida konduktor, (2) kustu anuál hosi enerjia losses, (3) kustu anuál hosi reativu (var) forneselementu nesesidade atu apoia voltajen receiving-end, no (4) kustu anuál hosi termanál sira no kapasidade transformadór nebe presiza iha sending no receiving ends.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

31

6.1.5.3 Limite Estabilidade

- Fatór seluk ne'ebé bele influensia liña kapasidade mak estabilidade ka enerjia limite. Estabilidade mak atributu nebe hosi sistema ne'ebé enaveis nia atu dezevolve forsas restoring hanesan ka bootliu forsas disturbu. Estabilidade steady-state mak kondisaun ne'ebé eziste iha sistema enerjia bainhira la iha disturbansia derepente iha sistema. Estabilidade Transient mak kondisaun ne'ebe eziste karik, depois disturbansia derepenti akontese tiha ona, sistema hetan-fali ekilibrium. Limite transient baibain ki'ik no importansia bo'otliu limite steady-state. Relativamente liñas naruk, kapasitor no autotransformadores series bele uza atu hasa'e liña efetivu reactance no nune'e aumenta limite estabilidade (Seksaun 6.3.1.).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

32

- Relasaun "rule of thumb" diak hodi hetan kapasidade maizumenus steady-state hosi sirkitu tranzmisaun entre terminais rua mak hanesan tuirmai:

$$P_{\max} = 0.75 V^2 / M \quad \text{Eq. 3}$$

where:

$P_{\max}$ = Maximum transferred power, in megawatts (MW)

V = RMS line-to-line voltage, in kilovolts (kV)

M = Distance between terminals, in miles.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

33

6.2 Karga Korenti:

- Bainhira estudus facilidade feasibility hala'o, liuhosi revista planu sistema tranzmisaun nebe halo ho estudu programas karga korenti. Sistema System planerus kofirma adekuaadu kona-ba objetivu rede tranzmisaun, konsidera liña karegamentu, fomesementus voltajen bus no reativu (var). Kazus la'o ona hanesan espesífika hosi sistema planeru iha kondisoens kontijensia normál no outage durante kriteira reliabilidade ba rejiaun karga ida-idak. Estudu base case prepara referensia ida atu determina emergjensia no kargas futuru hosi facilidades.
- Kazu baze utiliza informasaun korespondete ba kondisoens operasaun normál. Henesan kazu serbi hanesan kompasaun ba sistema kondisoens seluk nebe prezisa atu estuda. Kazu kontijensia dahuluk mós rekomenda durante situasaun kontijensia jerál mínimu, sistema tenke hala'o ho single facilidade sai hosi servisu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

34

➤ Bainhira kazu baziku nebe estabese, mudansa ida ka liu bele introdús atu determina variadoens iha sistema apresentasaun. Mudansa hirak-ne'e bele inklui kombinasaun ruma hanesan tuirmai:

- a) Foti liña ruma ka bus liur hosi servisu;
- b) Aumenta kargas ba buses hotu ka ruma no liñas;
- c) Muda regulamentu voltajen bus no phase angles;
- d) Aumenta ka hasai liñas interkoneksaun foun;
- e) Aumenta jersaun foun ba bus ruma;
- f) Muda transformadór taps;
- g) Aumenta medida konduktor hosi liña ruma;
- h) Kontrolu korenti enerjia reativu (var);
- i) Aumenta ka hamenus kapasidade transformadór;
- j) Foti bulk subestasaun ruma transformadór liur hosi servisu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

35

➤ Lala'ok sistema nina hanesan indika hosi kazu karga korenti balun propriamente reprodús deit to'o limitasaun estabese hosi sistema planeru. Kada kazu reprezenta korenti enerjia sira no voltajen sira ne'ebé sei eziste iha sistema karik input data hotu hanesan kargas no jersaun nebe ezatamente reprodús. Maske estudu karga korenti rezulta bele nunka duplika sistema kondisoens atuál, sira mak primáriu signifikante tanba modelu matemátika bele teste parte aseitavel lala'ok range hosi sistema réal, tan diakliu indentifika kondisoens limita. Ezemplu ida hosi tipiku dijital estudu karga korenti nebe hatudu iha Apéndice A.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

36

- Programas karga korenti agora uza automatikamente foti ba kontabilidade regulamentu kapasidade voltajen hosi synchronous condensers no transformadores, bainhira mantein dezignadu oráriu jerasaun hanesan mós net interchange entre sistemas interkoneksaun. Mudansa espesifika iha sistema facilidades no metodus opersaun nian nebe automatikamente kalkula ba número hosi kazu sira iha sekuensia.
- Input data nebe presiza ba programas karga korenti jeralmente inklui: (1) dezinasoens bus, (2) impedansias transformadór no liña, (3) réal no reativu (var) enerjia koreti ba karga ida-idak, (4) produsaun enerjia jeradór, (5) oráriu voltajen no reativu (var) limitasaun korenti enerjia hosi jeradores, synchronous condensers no kapasitores switched, (6) dezinasoens tie-line, no (7) sistema informasaun intermudansa .

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

37

- Printed output inklui (1) kalkulasaun eskala voltajen no phase angle iha bus ida-idak, (2) transformadór, kapasitor no data reator, (3) réal no reativu (var) korenti enerjia ba liña ida-idak no transformadór ba liña ida-idak no transformadór, (4) sistema rede intermudansa no korenti enerjia tie-line no (5) arkivu hosi sistema mudansas. Karakterístika produsaun espesial disponivel ka bele dezenvolve ba ajudu planeru iha analizas hosi sistema. Ezemplu inklui lista facilidades karga parte limitasaun preestabelese, no lista buses nian iha ne'ebé voltajen mak niveis dezeravel tún.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

38

6.3 Reactive Compensation:

- Estudu kompensasaun reativu (var) utiliza informasaun hosi estudu karga korenti atu estabelese tipus optimum no medidas rekursus reativu (var) nian. Iha tipus baziku rua hosi sistema kompensasaun: (1) kompensasaun series, iha termus hosi impedance, nebe uza atu redús tranzmisaun liña nian efetivu reactance, no (2) kompensasaun shunt, iha termus enerjia reativu nina, nebe uza atu redús eskala enerjia reativu (var) nian nebe sului iha rede.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

39

6.3.1 Kompensasaun Reativu Series:

- Inductive reactance hosi liñas tranzmisaun mak ida nebe parametrus importante liu limita kapasidade enerjia korenti. Inersaun hosi kapasitativu reactance iha series ho liña-nia induktivu reactance hamenus liña impedance. Ida-ne'e ajuda atu aumenta rekerementus kapasidade sistema tranzmisaun. Kompensasaun series efektivamente aumenta kapasidade liña tranzmisaun. Ida-ne'e redús nesesidade ba tranzmisaun voltajen aasliu ka número bootliu hosi sirkuitus. (When series compensation is used, a subsynchronous resonance (SSR) study should be performed.) bainhira aplika kapasitores series iha sistemas EHV (345-765 kV), ne'e importante katak sira la bele introdús eksessif limitasoens iha flexibilidade hosi sistema desenvolvimentu futuru. Lokasaun hosi kapasitores series tuir liña iha efek signifkante iha perfil voltajen, no losses enerjia. Ba kompensasaun la to'o 50 porsentu, ne'e baibain vantajen tebes atu lokaliza kapasitores iha midpoint hosi liña atu promove perfif voltajen. Infelizmente, ida-ne'e la bele pratika ekonómikamente anaunserke eziste subestasaun besik midpoint hosi liña.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

40

6.3.2 Kompensasaun Reativu Shunt:

- Voltajen tranzmisaun no liña naruk aumenta, kapsitativu karga korenti hosi liñas EHV mós aumenta. Korenti hirak-ne'e bele kauza indezeravel voltajenliu iha jeradores no transformadores, hanesan mós inkresimentu enerjia losses. Hodi redús kapasitativu karga korenti, reatores shunt nebe utiliza atu minimiza voltajenliu durante karga, kondisoens transient ka switching. Reatores shunt bele mós switched ka direktamente liga iha terminál liña tranzmisaun ka ka tertiary windings hosi autotransformadores. Reatores tertiary shunt bele switched hanesan rekerementus sistema reativu enerjia no voltajen maibe permanentemente liga reatores shunt la bele separadu hosi liña durante operasoens switching.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

41

6.4 Estabilidade:

- Pontu estarta hosi estudu estabilidade mak kondisoens steady-state (determined by the load flow study) imediatamente molok sistema disturbansia iha investigasaun mosu. Informasaun ne'ebé bele lori hosi estudu estabilidade steady-state inklui rotor ka estabilidade phase angle, réal no korenti enerjia reativu (var), bus voltajen no sistema frekuensia. Estudus transient (first swing) no dinámiku (multiple swing) jeralmente hala'o mós iha aparellus analog ka komputadór dijital.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

42

6.4.1 Estabilidade Transient:

- Jeneralmente, programa estabilidade transient utiliza inisial voltajen no korenti enerjia nebe hetan hosi programa karga korenti no konverter sistema ba rekezitu ne'e hodi analiza fenomeno transient nian. Hodi espesifika kondisoens no operasoens switching, program kalkula synchronous no indusaun mákina elétriku no mekániku torques, rotor torque angles, currents, no system voltages. Depois, programas balun kalkula korenti no impedances hosi selesaun liñas no simulate operasaun automatiku hosi impedance-type relays durante sistemas todan oscillations. Operasoens switching no kondisoens fault automatikamente simuladu iha sekuensia atu representa occurrence no clearing hosi faults.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

43

- Input data presiza dependenti to'o kompleksidade hosi representasaun mákina presiza. Ba representasaun simples, data presiza ba mákina synchronous mak enerjia réal no reativu (var), rezisténsia statore, transient reactance, no inertia constant. Presiza representasaun detallu barak karakteristiku hosi sistema turbina governadór no sistema esitasaun jeradór, no reactance detallu, time constants, no magnetic saturation parameters associated ho mákina. Barakliu ba estudu modernu, representasaun mákina barak detallu hodi utiliza atu prepara koñesementu diakliu hosi sistema apresentasaun. Ba mákina indusaun, enerjia réal rotor, stator no magnetizing impedances, no relasaun karga speed-torque nebe baibain presiza.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

44

6.4.2 Estabilidade Dinámiku:

- Estudu estabilidade transient jeralmente limita ba analiza apresentasaun nian to'o sekond ida ka rua depois fault. Ne'e mós importante iha kazu barak atu simulate subsequent redistribution hosi korenti enerjia relasiona sistema karakterístiku inertias no governor. Kondisoens estabilidade dinámiku hirak-ne'e jeralmente importante hafin sudden loss hosi unidades boot ka fabrika produsaun, ka konsentrasaun boot hosi karga. Númeru hosi programas komputadór ba simulasau dinámiku disponivel katak foti kontabilidade modelu sistema boot no akuradu representa responde dinámiku hosi kargas hanesan indusaun motores.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

45

6.4.3 Rezultadus Hosi Estudus:

- Estudus transient bele ajuda determina: (1) presiza atu halais protetivu sistema relay, (2) sistema operaun no dezeń weaknesses, (3) dezirabilidade hosi fast valving, no (4) inisial karga todan hosi facilidades xave tranzmisaun. Estudus dinámiku jeralmente simulate sistema apresentasaun durante período tui sudden loss hosi jersaun ka karga. Estudus hirak-ne'e bele ajuda iha sistema dezeń hodi determina: (1) vesolidade aas esitasaun apresentasaun, (2) efek hosi karga shedding, no (3) efek sistema potenciál cascading.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

46

6.4.4 Metodus atu Promove Estabilidade:

- Apresenta iha kraik metodus balun ne'ebé bele promove sistema estabilidade.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

47

Konvensional Remédjus

- Remédiu baraliu hodi promove estabilidade sistema-enerjia mak atu aselera sistema protetivu no atu aumenta montante hosi kapasidade tranzmisaun. Iha tempu pontu ida-ne'e, promove relay no tempu breaker clearing defikul tanba konsiderasoens teknolójiku no ekonómiku (state-of-the-art circuit breakers generally interrupt currents when the ac wave passes through current zero). Tempu interval entre adjacent current zeros iha sistema enerjia ac ida nebe determina hosi frekuensia sistema-enerjia no jeralmente la bele muda hosi dezeńadór breaker sirkuitu. Mós, metodus relay protetivu ohin lorong barak depende ba determinasaun hosi diresaun, distansia, ka impedance parameters nebe naturalmente presiza montante loloos mínimu hosi tempu kuantidade ba resultados akuradu.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

48

Fast Valving

- Rekursu hosi sistema inestabilidade mak forneseментu enerjia liu hosi prime mover durante disturbansia. Karik enerjia ida-ne'e redús ka halo hanesan ho enerjia nebe presiza hosi jeradór durante disturbansia, problema aselersaun jeradór mós redús. Valves iha estasoens produsaun modernu boot mak baibain todan tebes no karik prosesu valving maka'as sai efetivu, valve tenke opera iha tempu badak tebes. Iha kazu sira balu, karik jeradór sei diak nafatin nebe determina la to'o detik ida. Nune'e, enerjia input hosi turbina tenke troka ho-lalais.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

49

Selesaun Breaker no Protesaun Relay

- Breaker paradu iha besik fault three-phase bele kauza loss hosi rezultadu sinkronizmu iha problemas inestabilidade. Utilizasaun hosi power circuit breakers (PCB), nebe limite bele opera individualmente, mosu atu prevene kondisaun ne'e. Karik kada poles bele trip independentemente, menus iha probabilidade katak poles barak liu ida bele paradu. Nune'e, fault three-phase bele konverta ba fault single-phase iha tempu normál relaying. Karik PCB falla atu trip tanba nia la simu sinál trip hosi relays protetivu, metodu uluk invalidu. Ba situasaun ida-ne'e, instalasaun hosi PCB ho poles individu sei la prepara benefisiu ruma. Maioria utiliza metodu barakliu hosi eskemas "stuck breaker" emprega relay korentiliu no tempu velocidade aas. Iha situasaun ida-ne'e eskema stuck breaker nebe marka atu hamoos breaker sira nebe besik ho tempu másimu. Primáriu eskema relay tenke aselera tan.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

50

Sistema Damping

- Sistem damping mak metodu nebe prepara forsas restoring hodi hamenus undesired oscillations ka sistema swings boot. Jeralmente, ne'e defisil atu aplika fast valving no braking resistors hanesan dalan nebe sei iha sistema negligible swings hafoin fault hamoos ona. Iha kazu barak baibain iha ne'ebe hanesan kontrolu sira la utiliza, swings bele natoon atu kauza loss hosi sinkronizmu hafoin fault hamoos ona. Swings nebe kauza loss hosi sinkronizmu, loss hosi karga, ka large voltage excursions, tenke kontrola atu redús sira atu asetavel proporsaun. Hamate restores ekilíriu entre jeradór input no output atu nune'e enerjia mínimu disponivel ba aselersaun ka deselersaun. Formas rua hosi sistema damping nebe insersi hosi dasi dc entre liñas ac rua no karga shedding.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

51

- Dasi dc entre liñas ac rua prepara solusaun ba problema estabilidade durante la iha sinkronizasaun phase eziste entre liñas ac. Dasi dc iha karakterístiku nebe pas ba funsaun damping. Kontrolus HVDC bele aranja atu nune'e korenti enerjia to'o liñas dc. Nune'e, nia sai posivel atu heta dasi dc korenti enerjia tuir nesesidade operasaun hosi interkoneksaun sistema ac. Maske kustu aas, defisil bele hetan esperensia iha dezeńu pratika hosi kontrolu sirkuitu nebe dezenvolve nesesidade intelijensia atu kontrolu liña dc.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

52

- Karga shedding mak forma ida-seluk hosi sistema damping. Jeralmente, karga shedding relays nebe instala atu desliga karga bainhira iha jerasaun insuficiente atu mantein sistema frekuensia normál. Ida-ne'e relasiona problema sistema nebe kuaze lori tanba sinkronizmu jeradór nebe halakon razaun seluk. Redusaun voltajen mak forma ida-seluk hosi karga shedding. Metodu ida-ne'e komplikadu hosi nesesita ba velocidade aas tebes iha frekuensia relay. Tanba sira-nia sensitividade sira dala barak false-trip no kauza problemas start-up.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

53

6.5 Subsynchronous Resonance:

- Subsynchronous resonance (SSR) mosu baihira frekuensias naturál asosiadu ho mekániku torques hosi mákinas synchronous nebe besik ba sira-nia impoin hosi koneksaun rede. Steady-state SSR involve spontaneous oscillations nebe sustenta mós ka aumenta neineik iha eskala ho tempu. Jeralmente SSR refere ba transient torques kona-ba eixu jeradór nebe rezulta hosi konrenti oscillating currents iha rede elétriku nebe kauza hosi faults ka operasoens switching. Estudu hosi SSR presiza phases rua: (1) analiza estabilidade atu asegura katak oscillations la bele sa'e liu durante operasaun normál, no (2) simulasau hosi operasoens switching no faults atu asegura katak asosiadu torques la bele sa'e liu pipa limitaun estrese. Rezultadu hosi investigasaun nebe tama possibilidade hosi akontesementu SSR nian iha sistema. Presiza asaun korektivu atu redús SSR mak utiliza hosi fitrus atu taka korenti iha frekuensias SSR no usa dezeńu tékniku seluk atraves kompensasaun series atu hetan rekerementus sistema estabilidade.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

54

- Sistema tranzmisaun sira iha kompensasaun series bele esibi subsynchronous resonance iha frekuensias iha kraik 60 Hz. Nunue'e, korenti iha frekuensias subsynchronous bele amplifika hosi mákinas synchronous provoka undesirable oscillations no problemas estabilidade potenciál. buildup ka decay hosi korenti hira-ne'e dependente iha rezisténsia series no niveis karga hosi sistema tranzmisaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

55

6.6 Dezeñu Liña Estatístiku:

- Objetivus prinsipál hosi voltajenliu, sirkuitu badak, no izolamentu koordensaun investigasoun mak (1) atu tau kriteria ba liña tranzmisaun dezeñu elétriku, (2) estabelese taxa hosi arester korenti no aparellus protetivu seluk, no (3) espesifika ekipamentu niveis ekipamentu. Investigasaun tolu sira-ne'e agora sei diskute.
- Estudu dezeñu liña inklui evaluasaun korenti switching, apresentasaun lightning, no kontaminaasaun no apresentasaun flashover. Fatores sira-ne'e hotu influencia liña tranzmisaun no aparellus niveis izolamentu. Ba voltajen tranzmisaun entre 34.5 no 230 kV, estudu liña izolamentu bele la nesesáriu karik rekerementus izolamentu nebe espesifika hanesan iha REA Bulletin 1724E-200.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

56

6.6.1 Evaluasaun Korenti Switching :

- Voltajenliu ida todan ne'ebé facilidade tranzmisaun tenke reziste mak korenti switching. Korenti switching nebe prodús hosi switching aparellus nian hanesan breakers sirkuitu no desliga switches. Voltajenliu hirak-ne'e mosu liuhosi liña no izolmentu estasaun, phase-to-ground no phase-to-phase rua ne'e hotu. Hamutuk ho lightning no kontamina konsiderasaun sira determina liña nebe presiza niveis izolamentu. Rekerementus korenti switching mós uza iha estudu koordensaun izolamentu ba subestasaun ekipamentu (Seksaun 6.8).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

57

- Karakterístiku izolamentu metin (which vary with such statistical data as wind, precipitation, and air density) nebe utiliza iha evaluasaun korenti switching. Fatores seluk ne'ebé afeta sistema izolamentu mak rezistores izersaun izolamentu, naruk liña, konfigurasaun, no karga. Parametrus hirak-ne'e determina waveshape no eskala hosi korenti switching ne'ebé, in turn, influensa flashover karakterístiku izolamentu metin. Estudu kona-ba transient network analyzer (TNA) mak pontu estarta eselente ida ba determinasaun hosi sistema izolementu bazeia ba apresentasaun korenti switching. Estudus TNA hirak-ne'e bele inklui evaluasau parametru estatítiku tuirma:

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

58

- a. Probabilidade hosi operasaun breaker sirkuitu loloos
- b. Probabilidade katak isolator string ida sei muda ba pozisaun pozitivu.
- c. Probabilidade katak kualker fatores sei redús lala'ok flashover voltajen liuhosi isolatores no gaps.
- d. Probabilidade katak korenti voltajen sei liu taxa flashover voltajen kritiku hosi string isolator ida.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

59

- Hanesan nota iha leten, lala'ok korenti switching nebe determina primáriu hosi liña izolamentu. Númeru isolatores nian nebe hili atu nune'e probabilidade flashover nian hosi korenti switching la liu dezeñu espezifikaun. Jeralmente, ba voltajen tranzmisaun iha kraik EHV (34.5-230 kV), korenti switching la limite ba dezeñu izolamentu tower bainhira izolamentu metin aumenta iha proporsaun ba phase-to-structure clearance. Iha niveis EHV (345-765 kV) air gap komesa atu to habokon no korenti switching apresentasaun liña bele sai fatór limita iha opsaun hosi dimensaun tower no clearances.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

60

6.6.2 Apresentasaun Lightning :

- Aleinde estudu korenti switching, konsiderasaun prinsipál segundu iha liñas tranzmisaun dezeńadu mak apresentasaun lightning. Analitikamente, problema lightning kompleta liu ida nebe funsiona estatístiku lightning barak hanesan stroke current amplitude, rise times, hit probabilities no frekuensia hosi akontesementu. (Atividade Thunderstorm-day nebe hatudu iha mapa Isokeraunic. Hosi data mapa, komparasaun relativu halo hosi atividade thunderstorm iha kada área.)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

61

- Evaluasaun lightning hosi facilidades tranzmisaun inklui konsiderasaun hosi insidente storm iha área, aas tower no konfigurasaun, no naruk isolator string. Overhead ground wires (OHGW) mak baibain uza ba konduktors shield phase hosi strokes direta. Númeru no lokasaun hosi OHGWs fatores maioria iha númeru estimadu hosi fallansu shielding sira. Relasiona OHGWs, kombinasau hosi liña izolamentu no tower footing rezisténsia parameters nebe uza atu minimiza lightning flashovers liuhosi liña tranzmisaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

62

- Atu heta estimadu iha akuradu hosi apresentasaun lightning hosi objetivu liña dezeña, transient network analyzers (TNA), computadores dijital no sistema modela metodus nebe emprega atu determina hanesan parameters hanesan nilai trip-out. Nilai korenti arester ba aplikasaun sistema tranzmisaun bazeia ba data hosi estudus TNA. Rezultansia transient voltajenliu hosi estudus hirak-ne'e mak estatístiku iha natureza no kombina ho estudus probabilidade izolamentu metin atu estima apresentasaun lightning flashover.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

63

6.6.3 Kontaminasaun Apresentasaun :

- Estudu dezeñu liña terseiru prinsipal mak kontaminasaun apresentasaun hosi izolamentu liña tranzmisaun. La hanesan korenti switching no estudus lightning, ne'ebé estima apresentasaun transient, estudus kontaminasaun relasiona ba 60 Hz ka apresentasaun frekuensia fundamental.
- Rezultadus hosi estudus kontaminasaun hapara niveis izolmentu flashover hosi (1) air gaps iha estremu swing angles no (2) kontaminadu isolator strings. Niveis rua hirak-ne'e iha estatístiku paramenter hanesan jeográfiku lokasaun no kofigurasau sistema tranzmisaun (hanesan medida menara no jeometri).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

64

6.7 Sirkuitu Badak:

➤ **Objetivus prinsipál hosi estudus sirkuitu badak mak alista iha kraik:**

- Prepara informasaun ba selesaun loloos hosi relays protetivu atu estabelese sistema apresentasaun rekerementus no manutensaun.
- Prepara informasaun ba selesaun loloos hosi breaker sirkuitu interrompe rekerementus.
- Evalusaun voltajen durante kondisaun faulted ne'ebé sei afeta kordensaun izolamentu no aplikasaun hosi korenti arester sira.
- Dezeña tipu no kapasidade hosi sistemas grounding.
- Estabelese forsas eletromekaniku atu reziste iha facilidades sistema.
- Prepara data ba variadade hosi kalkulasaun rede durante prosesu planeamentu no dezeña sistema.

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

65

➤ **Variadade hosi programas komputadór dezenvolve tiha ona hodi hala'o estudus sirkuitu badak. Balum mak dezeña espesifikamente atu fasilita estudus relay, bainhira seluk prepara informasaun importante nebe uza iha planeamentu. Hotu-hotu reprezenta sistema hosi simétriku komponente ekivalente reactances hosi facilidades oioin. Programas jeralmente kalkula ba bus ida-idak hosi sistema espesífiku total three-phase no line-to-ground bus faults, inklui efeitos hosi zero-sequence mutual impedances. Espesífika mós kontribuisaun three-phase no line-to-ground fault ba liña ida-idak ka transformadór nebe liga faulted bus.**

18/6/2013

JICA Ekipa Asisténsia Tékniku

66

- Input data nebe presiza inklui indetifikasaun bus, positivu no zero-sequence impedances hosi liñas no transformadores, no transient subtransient reactances hosi máquinas synchronous.
- Printed output inklui bus faults hotu no liña kontribuisaun ba three-phase no line-to-ground faults kondisaun rua ne'e hotu normál no switched. Ida-ne'e presiza identifikasaun lais hosi servisu breaker iha kondisaun aat, no prepara data iha forma nebe uza ba evaluasaun obejetivu. Nune'e, variadade hosi printouts korenti nian no voltajen bele espesífika iha kombinaun ruma ba faulted bus hotu-hotu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

67

6.8 Kordenasaun Izolamentu:

- Kordensaun izolamentu nebe define hanesan protesaun sistemas elétriku nian no aparellus hosi perigu voltajenliu hosi korelasaun karakterístikas nian hosi aparellus protetivu no ekipamentu nebe proteje.
- Atu kordena izolamentu no aparellus protetivu, impulsa niveis voltajen nebe define iha termus hosi rua ne'e hotu BIL (basic impulse insulation level) no BSL (basic switching surge level).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

68

- Kordenasaun izolamentu nebe define hanesan protesaun hosi sistema elétriku no aparellus hosi perigu voltajenliu hosi korelasaun karakterístikas nian hosi aparellus protetivu no ekipamentu nebe proteje. Atu kordena izolamentu no aparellus protetivu, impulsa niveis voltajen nebe define iha termus hosi rua ne'e hotu BIL (basic impulse insulation level) no BSL (basic switching surge level).

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

69

- Similaridade, BSL esplika abilidade ekipamentu nian atu reziste korenti switching. Padronizadu BSL waveform mak 250/2500 ne'ebé mak hatudu katak iha front time hosi 250 microseconds no sa'e metade eskala iha 2500 microseconds.
- Rezultadu hosi estudus kordenasaun izolamentu hamate rekerementus estrese antispada iha sistema ekipamentu. Output sira seluk inklui BIL no lala'ok BSL, selesaun arester, no sistema kontrolu operasaun ba voltajenliu nebe fó no asume, lightning, waveshape no karakterístiku izolamentu metin.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

70

6.9 Corona no Radio Interferensia :

- Radio no television lian ka eletromagnetiku interferensia (EMI), no audivel interferensia nebe lais sai fatores kontralamentu iha dezeńu no planeamentu sistemas tranzmisaun nian, espesialmente iha EHV no UHV. Rua relatoriu barakliu afeta ambiente kauza hosi operasaun facilidades tranzmisaun iha EHV no UHV (345 kV no iha leten) mak interferensia corona lian no indusaun voltajen. (Haree Sesaun 6.10)

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

71

- Deskarga elétriku tanba corona mós ka gap sparkover maka rekursu baziku hosi radio no interferensia audible noise (AN). Pulsa sira afeta hosi deskarga hirak-ne'e nebe injeta iha phase konduktors liña tranzmisaun ka componentes seluk nebe la'o ne'ebé bele halo hanesan radiating antenna ka media tranzmisaun.
- Nune'e, EMI hosi liñas tranzmisaun nebe kauza mós hodi kompleta deskargas elétriku liuhosi kuak kiik sira ka parsiál deskargas elétriku hanesan corona.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

72

- Rekursu gap-type lian bele hamosu iha komponentes liña tranzmisaun tuirmai:
 - a. Isolator nebe focr, cracked ka loose,
 - b. Splices,
 - c. Tie wires,
 - d. Entre partes hardware (clamps, brackets, insulator pins, crossarm braces, and guy wires),
 - e. Iha kuak kiik entre fiu rai no partes hardware,
 - f. Ho aparelus elétriku nebe defetivu mós, estraga, dezeña laloos, ka instala laloos (hanesan corroded ka loose fuse elements, fallansu izolamentu transformadór, lian liga iha relays, meters no regulators).
- Rekursus gap-type lian hirak-ne'e bele lokaliza hosi ekipamentu nebe dezeña EMI hanean broadcast radio sets no bateria operadu bele lori telespetadores televizaun .Rekursu lian bele eletrikamente sirkuitu badak ka minimiza hodi promote bonding entre adjacent conducting parts ka hosi tightening loose connections.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

73

- Iha corona EHV no UHV (deskarga elétriku ida liuhosi ionized air) jeralmente rekursu importante hosi interferensia lian. Corona nebe forma bainhira gradiente voltaje sira iha gradiente kriticu leten. Ba voltajen operaun espesífiku, kontaminasaun konduktor mak kauza importante hosi corona. Maibe, superfisie konduktor burrs no scratches, no kualker (rain, snow, and humidity) kauzu ida aumenta iha efek corona sira. Corona seluk hosi produsut mak enerjia loss iha konduktors no produsaun zone (a chemical reaction of the corona discharge). Nune'e, liña tranzmisaun corona mak rekursu iha hosi interferensia radio (RI) no audible noise (AN) iha EHV no UHV. Medida hosi corona depende ba kondisaun ambiente uluk eziste ba liña konstrusaun no mós iha nivel lian nian hosi liña energized. Ba RI, kondisaun ambiente konsiste durasaun sinál resivu no nivel background lian. Kualidade resepsaun nian durante kondisaun ambiente depende ba ratio hosi komponentes rua hirak-ne'e no bolu ambiente signal-to-noise ratio (ASNR). RI, rezulta hosi liña tranzmisaun corona, depende ba ratio hosi durasaun sinál resivu no nivel lian nebe produs hosi liña. Ida-ne'e refere hanesan interferensia signal-to-noise ratio (SNR). Komparasaun hosi ASNR no SNR mak asaun hosi corona nebe produs hosi liña iha iha lokasaun ruma. Karik niveis rua ne'e hotu ASNR no SNR mak aas, kualidade resepsaun sei aas mós.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

74

6.10 Eletroestátiku no Eletromagnetiku:

- Iha EHV no UHV interesse médiku no biológiku tanba área elétriku gradientes no eletroestátiku (E/S) no eletromagnetiku (E/M) kombinasan entre liñas tranzmisaun overhead no objetus tenke konsidera.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

75

6.10.1 Médiku no Biológiku :

- Estudus médiku no biológiku studies kontratu ho efeitos pdeal fíziolojiku kona-ba umanidades, animál sira, no plantas nebe subjeta atu haforti área elétriku. The magnitude of
- Durante Área elétriku (or voltage gradient) iha nivel ground mak
- Baibain utiliza iha estudus médiku atu determina área permisivel
- Durasan limitasaun ba eme no animál sira besik energized
- Liñas tranzmisaun.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

76

6.10.2 Dada Voltajen :

- Eletroestatikamente dada voltajen nebe posivel bainhira objetu kondutivu izola hori ground mak iha área hosi korenti alternadu liñas overhead. Henasan mós, efeitos indusaun eletromagnetiku nebe posivel bainhira konduktors phase liña tranzmisaun lori korenti fault kauza dada voltajen iha open ends hosi insuficiente grounded r kazu E/S, eskala korenti xoke steady-state hosi milliamperes lima nebe konsidera hanesan nivel "let-go" iha edisaun 1993 hosi National Electrical Safety Code (NESC). Konsiderasaun pratiku seluk bele ditadu katak eskala korenti xoke tau iha milliampere kraik ida nivel "threshold of perception" l. Ba kazu E/M , tempu objetu grounding nebe bazeia ba niveis transient korenti liuhosi ema ka animál.
- Rezultadu hosi estudus E/S no E/M ajuda determina rekerementus grounding ba objetus estasionariu metáliku (parede no um) no izola veikulus kondutivu.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

77

6.11 Fasilidade Ekonómikas Tranzmisaun :

- Sistema estudu ikus diskute mak fasilidade ekonómikas tranzmisaun nian. Fatores balun katak tenke konsidera estudu ekonómiku inklui tower, conductor, accessory, no gastus right-of-way. Bainhira fatores sira-ne'e hotu tama iha estudu gastus tranzmisaun nian, elementus baziku rua nebe signifkante importansia mak (1) kapasidade load-carrying hosi liñas iha termus voltajen no distansia nian, no (2) ekipamentu asosiadu, transformadores partikularmente no switchgear. Relasiona tranzmisaun rua ne'e hotu kapasidade no gastu mak elementu datoluk; evaluaun hosi ekonómikas hosi estasoun intermédiu switching sira iha estudu fasilidade tanzmisaun ekonómika mak tuirmai:

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

78

- a. Diametru saida hosi konduktor mak presiza atu redús interferensia radio no corona loss ba niveis asetadu?
- b. Liña izolamentu saida mak nesesariu?
- c. Saida mak tenke estasaun ekipamentu BIL nian iha?
- d. Karga hira mak bele seguru asociadu ho sirkuitu tranzmisaun ida?
- e. Komparasaun ekonómiku saida mak ho voltajen tranzmisaun kiik ka maske tanzmisaun korenti voltajen direta (HVDC) ba instalaun sira balun?
- f. Saida mak rekerementus eletroestátiku no eletromagnetiku atu minimiza efeitus hosi indusaun voltajen no área gradientes iha umanidades, animál sira, plantas besik liñan overhead?

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

79

7. KONKLUSAUN:

- Iha konkluziun, rezumu ida hosi sistemas estudu sanulu resin ida nebe apresenta atu apoia facilidades tranzmisaun finanseiru-REA hosi 34.5 to 765 kV. Estudus hirak-ne'e maske bele kompleta mós nesesidade nebe sira alista iha orden prioridade. Kada estudu tenke konsidera ba facilidade espesífiku tuir pergunta nebe sistema apresentasaun bele observa no evalua.

18/6/2013

JICA Ekpa Asisténsia Tékniku

80