

SISTEMA DI SBARRE IN MT:

$$V_L = 6\text{KV} - 50\text{Hz}$$

MOTORE M1) $P_{1m} = 160\text{KW}$; $V_{1m} = 6\text{KV}$; $\eta_{M1} = 0,94$; $\cos\phi_{M1} = 0,82R$

DATI MOTORE M2) MAT 4 POLI; $\cos\phi_{M2} = 0,81R$

DATI TRASFORMAZIONE TR) $S_m = 45\text{KVA}$

$$V_{1m} = 6\text{KV}$$

$$V_{20m} = 400\text{V}$$

IL TRASFORMATORE ERAGA AL MOTORE M2 : $I = 50\text{A}$.

PROVE ESEGUITE SUL GRUPPO TRASFORMATORE - MOTORE M2:

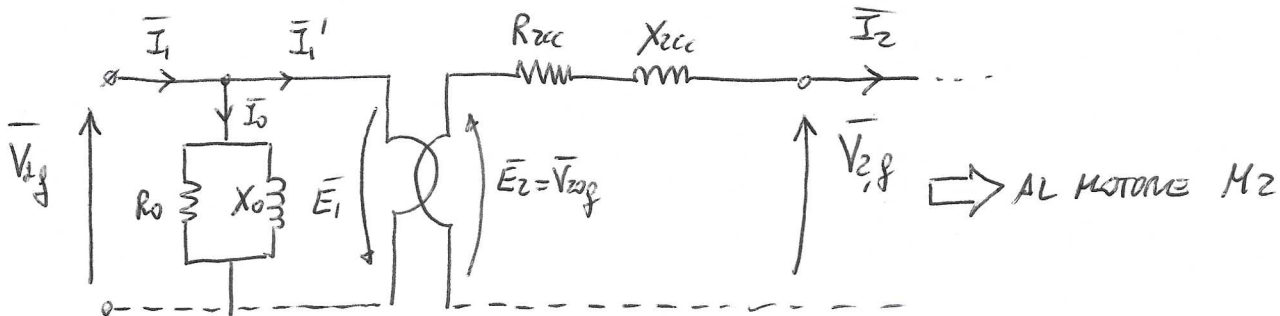
$$\text{TR.} \begin{cases} P_0\% = 4,6\% ; \cos\phi_0 = 0,32 \\ V_{cc}\% = 5\% ; \cos\phi_{cc} = 0,48 \end{cases}$$

$$\text{MOTORE M2} \begin{cases} P_0 = 1200\text{W} ; \cos\phi_0 = 0,21 \\ P_{av} = 400\text{W} \text{ (PERDITE MECCANICHE)} \end{cases}$$

1ª PARTE

1) DETERMINARE P_a , V_{M2} , R SAPENDO CHE: $C_K = 145 \text{ Nm}$
 $S\% = 3\%$.

PARTENDO DAI DATI DI TARGA DEL TRASFORMATORE, RICOVO IL CIRCUITO EQUIVALENTE.



(USO LA SOLITA SIMBOLOGIA DEI TRASFORMATORI)

$$I_{1m} = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot V_{1m}} = 4,33 \text{ A} ; \quad I_{2m} = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot V_{20m}} = 64,85 \text{ A}$$

$$p_{cc}\% = V_{cc}\% \cdot \cos\phi_{cc} = 5 \cdot 0,48 = 2,4\% \Rightarrow P_{cc} = \frac{p_{cc}\% \cdot S_m}{100} = 1080 \text{ W}$$

$$R_{2cc} = \frac{P_{cc}}{3 \cdot I_{2m}^2} = 85,34 \text{ m}\Omega ; \quad X_{2cc} = R_{2cc} \cdot \text{tg}\phi_{cc} \approx 156 \text{ m}\Omega$$

$$P_0 = \frac{p_0\% \cdot S_m}{100} = 720 \text{ W} ; \quad Q_0 = P_0 \cdot \text{tg}\phi_0 \approx 2132 \text{ VAR}$$

$$R_0 = \frac{3 V_{1f}^2}{P_0} = \frac{V_1^2}{P_0} = 50 \text{ k}\Omega ; \quad X_0 = \frac{3 V_{1f}^2}{Q_0} = \frac{V_1^2}{Q_0} \approx 16,89 \text{ k}\Omega$$

SAPENDO CHE A CARICO IL TRASFORMATORE EROGA UNA $I_2 = 50 \text{ A}$,
 (QUESTA CORRENTE SARÀ OVVIAMENTE ANCHE LA CORRENTE ASSORBITA
 DAL MAT M2 A CARICO), POSSIAMO FACILMENTE CALCOLARE
 LA TENSIONE V_2 AI MORSETTI DEL TRASFORMATORE.

$$\Delta V_I = V_{20} - V_2 = \sqrt{3} I_2 \cdot (R_{ecc. \cos \phi_2} + X_{ecc. \sin \phi_2})$$

TRA I DATI DEL PROBLEMA CONOSCO PROPRIO IL $\cos \phi_{M2} = 0,81$
 A CARICO DEL MAT M2 CHE CORRISPONDE AL " $\cos \phi_2$ " VISTO DAL
 TRASFORMATORE.

$$\Delta V_I = \sqrt{3} \cdot 50 \cdot (85,34 \cdot 10^{-3} \cdot 0,81 + 156 \cdot 10^{-3} \cdot 0,586) = 13,90V$$

QUINDI:

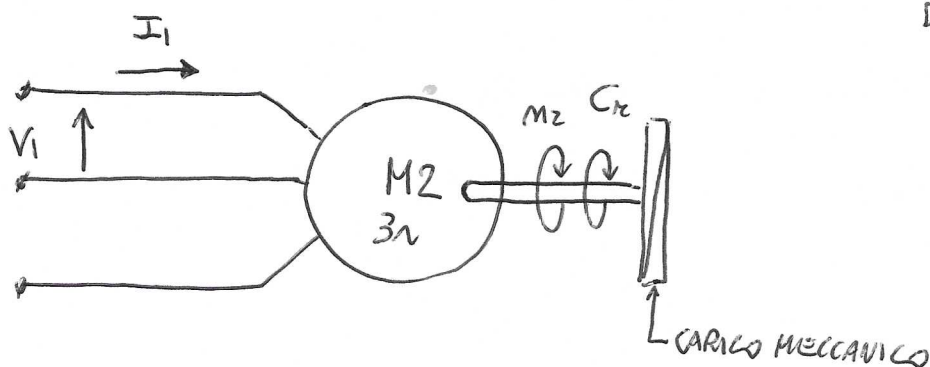
$$V_2 = V_{20} - \Delta V_I = 386V$$

PASSIAMO ADESSO ALL'ANALISI DEL MAT M2

QUANDO SI HANNO MACCHINE DIVERSE ACCOPIATE (TR+MAT), OCCORRE
 ESSERE "ORDINATI" CON LE SIMBOLOGIE, ALTRIMENTI SI FINISCE NEL
 NON CAPIRE PIU' NULLA.

AD ESEMPIO LE GRANDENZE I_2 e V_2 IN USCITA DAL TRASFORMATORE
 (PEDICE 2) DIVENTERANNO, CON I SIMBOLI A CUI SIAMO ABITUATI,
 I_1 e V_1 PER IL MAT, OVVERO GRANDENZE IN INGRESSO.

(O MEGLIO, SULLO STATORE)



DOVE:

$$\left. \begin{array}{l} I_1 = 50A \\ V_1 = 386V \end{array} \right\} \text{A CARICO}$$

PROVA A VUOTO SUL MAT: $P_0 = 1200W$; $\cos\phi_0 = 0,21$
 $P_{av} = 400W$.

IPOTIZZO CHE LA PROVA A VUOTO SIA STATA ESEGUITA SU UN BANCO DI LABORATORIO E QUINDI ALLA TENSIONE NOMINALE $V_{im} = 400V$, COME È LOGICO CHE SIA:

(COMUNQUE A VUOTO I_0 È MINORE DI I_1 A CARICO, QUINDI LA TENSIONE NON SARÀ MAI $386V$ CHE HO CALcolato PER LA PRESENZA DEL TRASFORMATORE, A CARICO APPLICATO)

$$I_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} V_{im} \cos\phi_0} = \frac{1200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,21} = 8,248A \quad (\text{COME VEDETE} \\ \ll I_1 = 50A)$$

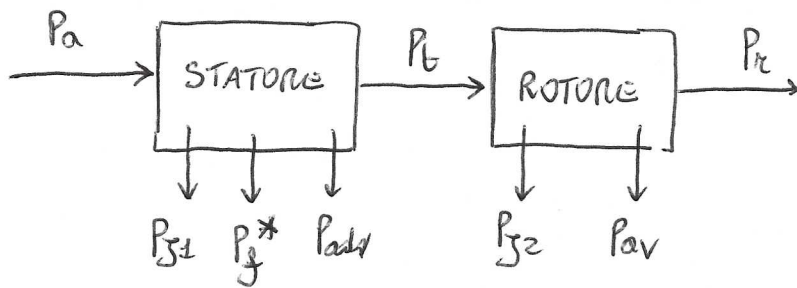
DEVO CALCOLARE R , QUINDI IN QUESTA FASE NON POSSO CALCOLARE P_{j10} , DOVE: $P_{j10} = \frac{3}{2} R I_0^2$

$$P_0 = P_{j10} + P_g + P_{av} \quad \Rightarrow \quad \boxed{P_{j10} + P_g = P_0 - P_{av} = 800W} \quad 1^{\text{a}} \text{EQUAZIONE.}$$

N.B. P_g È STATA RICALCATA NELLA PROVA A VUOTO, QUINDI ALLA $V_{im} = 400V$

PASSIAMO ALL'ANALISI DEL FUNZIONAMENTO A CARICO:

$$\text{CONOSCO:} \quad T_k = 145 Nm \quad V_1 = 386V \\ \eta = 37\% \quad I_1 = 50A$$



$\hookrightarrow P_j^*$ perennè a carico $V_1 = 386V \neq V_m = 400V$
 quindi: $P_j^* \neq P_j$

CALCOLO SUBITO P_a :

$$P_a = \sqrt{3} V_1 I_1 \cos \phi_1 = \sqrt{3} \cdot 386 \cdot 50 \cdot 0,81 = 27077 \text{ W}$$

CALCOLO ANCHE: $Q_a = P_a \cdot \tan \phi_1 = 18603 \text{ VAR}$ (SERVITA' ALLA FINE)

$$P_{add} = \frac{0,5}{100} \cdot P_a \approx 135,4 \text{ W}$$

CONOSCO $s\% = 3\% \Rightarrow M_2 = M_1 (1 - s) = 1500 (1 - 0,03) = 1455 \text{ g/41}$

$$P_r = \frac{2\pi}{60} \cdot G \cdot M_2 = \frac{2\pi}{60} \cdot 165 \cdot 1455 = 22093 \text{ W}$$

ADesso POSSO CALCOLORE IL RENDIMENTO:

$$\eta_{M2} = \frac{P_r}{P_a} = 0,816$$

LA POTENZA MECCANICA:

$$P_M = P_r + P_{av} = 22493 \text{ W}$$

$$P_t = \frac{P_M}{(1 - s)} \approx 23189 \text{ W}$$

SAPENDO CHE: $P_a = P_{S1} + P_g^* + P_{add} + P_t$ CON: $P_{S1} = \frac{3}{2} R \cdot I_1^2$

INOLTRE SAPENDO CHE: $P_g \propto V_1^2$ POSSIAMO ANCHE SCRIVERE:

$$\left. \begin{array}{l} P_g = K \cdot V_{1m}^2 \\ P_g^* = K V_1^2 \end{array} \right\} \rightarrow P_g^* = P_g \cdot \left(\frac{V_1}{V_{1m}} \right)^2 = P_g \cdot \left(\frac{385}{400} \right)^2 = 0,931 \cdot P_g$$

$$27'077 = P_{S1} + 0,931 \cdot P_g + 135,4 + 23'183$$

$$\boxed{P_{S1} + 0,931 \cdot P_g \cong 3753 \text{ W}} \quad 2^{\text{a}} \text{ EQUAZIONE.}$$

ABBIAMO COSÌ TROVATO DUE EQUAZIONI IN DUE INCOGNITE:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{S1} + 0,931 P_g = 3753 \\ P_{S0} + P_g = 800 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{3}{2} R \cdot I_1^2 + 0,931 P_g = 3753 \quad (I_1 = 50 \text{ A}) \\ \frac{3}{2} R I_0^2 + P_g = 800 \quad (I_0 = 8,248 \text{ A}) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3750 \cdot R + 0,931 \cdot P_g = 3753 \\ 102 \cdot R + P_g = 800 \end{array} \right. \Rightarrow P_g = 800 - 102 \cdot R$$

$$3750 \cdot R + 0,931 \cdot (800 - 102 \cdot R) = 3753$$

$$3655 \cdot R = 3008$$

$$\boxed{R = 0,823 \Omega}$$

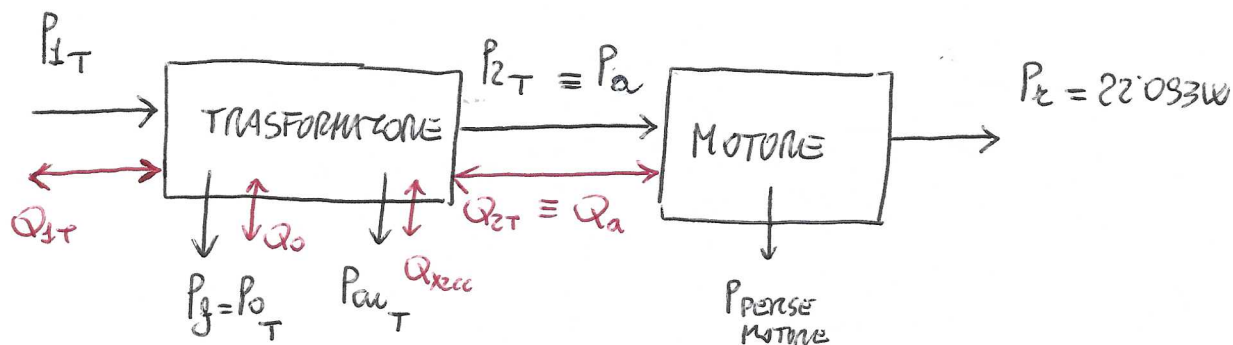
$$P_g = 800 - 102 \cdot 0,823 \cong 716 \text{ W}$$

$$\boxed{P_g = 716 \text{ W}}$$

2^a PARTE

2) DETERMINARE IL RENDIMENTO TOTALE DEL GRUPPO

TRASFORMAZIONE - MOTORE. M2



$$\eta_{TOT} = \frac{P_k}{P_{1T}}$$

CALCOLO LE P_{cu} DEL TRASFORMATORE:

$$P_{cu} = 3 R_{acc} \cdot I_2^2 = 3 \cdot 85,34 \cdot 10^{-3} \cdot 50^2 = 640W$$

$$P_{0T} = P_0 = 720W$$

$$P_{2T} \equiv P_{aM} = 27077W$$

$$P_{1T} = P_{2T} + P_{cuT} + P_{0T} = 27077 + 640 + 720 = 28437W$$

$$\eta_{TOT} = \frac{P_k}{P_{1T}} = \frac{22093}{28437} = 0,777$$

NB: POTEVO OVVIAMENTE CALCOLARE IL $\eta_{TOT} = \eta_{TR} \cdot \eta_{M2}$

ESSENDO MACCHINE IN SERIE.

CONOSCO IL $\cos \phi_{M2} = 0,816.$

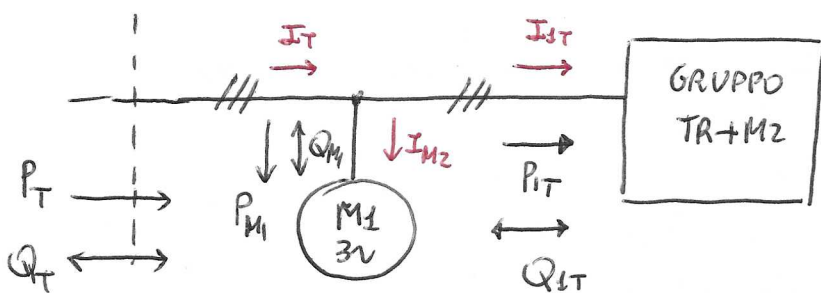
CALCOLO IL $\cos \phi_{TR} = \frac{P_{2T}}{S_{2T}} = \frac{27077}{28437} = 0,952$

$\cos \phi_{TOT} = \cos \phi_{TR} \cdot \cos \phi_{M2} = 0,952 \cdot 0,816 = 0,777.$

DETERMINO ANCHE LE : $Q_{X_{2cc}} = 3 X_{2cc} \cdot I_2^2 =$ DEL TRASFORMATORE

$Q_{X_{2cc}} = 3 \cdot 155 \cdot 10^{-3} \cdot 50^2 = 1170 \text{ VAR.}$

3) DETERMINARE IL $\cos \phi_T$ DELL'INTERO IMPIANTO



$P_{1T} = 28437 \text{ W}$

ADesso CALCOLO : $Q_{1T} = Q_{2T} + Q_{X_{2cc}} + Q_0$ DOVE?

$Q_{2T} = Q_a = 19603 \text{ VAR}$

$Q_{X_{2cc}} = 1170 \text{ VAR}$

$Q_0 = 2132 \text{ VAR.}$

$Q_{1T} = 22905 \text{ VAR}$

POSSO RICHIEDERE ANCHE I_{dT} :

$$S_{dT} = \sqrt{P_{dT}^2 + Q_{dT}^2} = 36,514 \text{ VA} \quad \Rightarrow \quad I_{dT} = \frac{S_{dT}}{\sqrt{3} \cdot V_L} \cong 3,514 \text{ A} \quad (< I_{m \text{ ok}})$$

\uparrow
6 kV

ADESSO PASSIAMO AD ANALIZZARE IL MOTORE M_1 :

$$P_{aM_1} = \frac{P_M}{\eta_{M_1}} = \frac{160}{0,94} = 170,2 \text{ kW}$$

$$Q_{aM_1} = P_{aM_1} \cdot \tan \varphi_{M_1} \cong 118,7 \text{ kVAR.}$$

$$S_{aM_1} = \sqrt{P_{aM_1}^2 + Q_{aM_1}^2} = 207,5 \text{ kVA} \quad \Rightarrow \quad I_{M_2} = \frac{S_{aM_1}}{\sqrt{3} V_L} = 19,97 \text{ A.}$$

$$P_T = P_{aM_1} + P_{dT} \cong 198,6 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{aM_1} + Q_{dT} \cong 141,6 \text{ kVAR.}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = 243,9 \text{ kVA} \quad \Rightarrow \quad I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V_L} \cong 23,47 \text{ A}$$

$$\cos \phi_T = \frac{P_T}{S_T} = 0,814_R$$

L'ULTIMA RICHIESTA DEL T.E. RIGUARDA L'ANALISI DELLE POSSIBILI
CONSEGUENZE DI UNA RIDUZIONE DEL 10% DELLA TENSIONE DI
ALIMENTAZIONE.

OVVIAMENTE E' LA SOLITA DOMANDA CHE VI RICHIEDE DI
RAGIONARE UN PO' E SI DESCRIVE IN MODO IPOTETICO
(SEMPRE CHE ABBA SENSU)

$V_1 = 6KV \rightarrow$ RIDUZIONE DEL 10% VUOL DIRE:

$$V_1^* = 0,9 \cdot V_1 = 5,4KV.$$

ANALITTO GLI EFFETTI SUL GRUPPO TRASFORMATORE - MAT M2.

SE $V_1^* = 5,4KV$ CAMBIERA' ANCHE LA V_{20} A VUOTO DEL

TRASFORMATORE $\left(K_0 = \frac{V_{1n}}{V_{20n}} = \frac{6K}{400} = 15 \right)$. QUINDI: $V_{20}^* = \frac{V_1^*}{K_0} = 360V$

IPOTIZZO CHE IL CARICO MECCANICO, QUINDI LA COPPIA RESA NON CAMBI.

CON UNA RIDUZIONE DI TENSIONE MI ASPETTO UN LEGGERO AUMENTO

DELLA CORRENTE ASSORBITA ~~PER~~ DAL MOTORE E QUINDI

FORMITA' DAL TRASFORMATORE. LO VERIFICHERO SUCCESSIVAMENTE.

IN QUESTA PRIMA FASE IPOTIZZO CHE I RESTI CIRCA 50A.

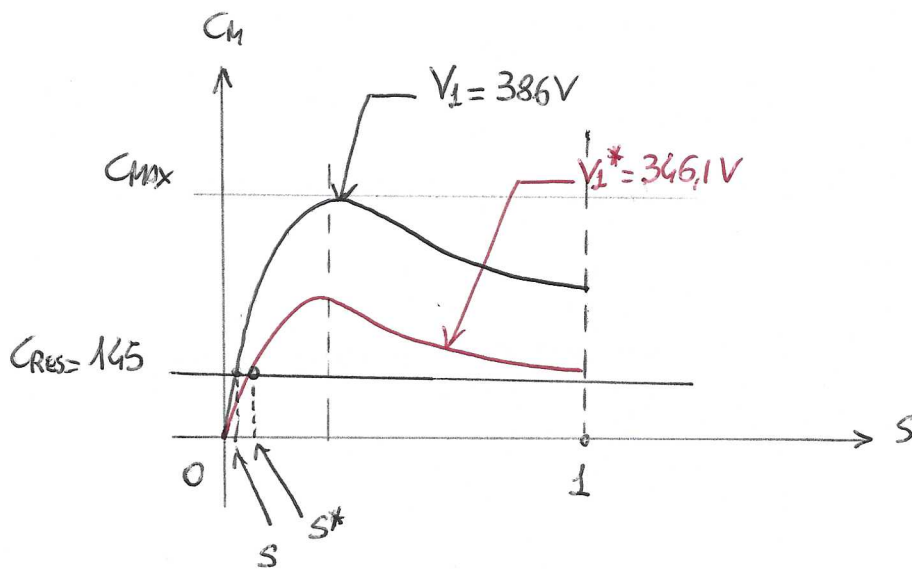
PERVANTO, ESSENDO DIMINUITA LA TENSIONE A VOCE V_2^*

MI ASPETTO UNA DIMINUIZIONE DI CIRCA IL 10%. ANCHE DI

V_2^* (E QUINDI DELLA V_1^* CHE ALIMENTA IL MAT M2)

$$V_2^* = V_{20}^* - \Delta V_1 = 360 - 13,9 = 346,1V$$

PER IL MAT QUESTA TENSIONE LA CHIAMO : $V_1^* = 346,1V$.



QUINDI A PARITA' DI COPPIA IL MAT RALLENTERA'. IPOTIZZANDO

LINARI I TRATTI STABILI DELLA C.M. POTREMO SCRIVERE:

$$C_M \approx K \cdot V_1^2 \cdot \frac{s}{R_2} = K \cdot V_1^{*2} \cdot \frac{s^*}{R_2}$$

$$s^* = s \cdot \left(\frac{V_1}{V_1^*} \right)^2 = 0,03 \cdot \left(\frac{386}{346,1} \right)^2 = 0,0373 \quad (3,73\%)$$

QUINDI: $M_2^* = M_1 (1 - S^*) = 1500 (1 - 0,0373)$

$$M_2^* = 1444 \text{ g/s}$$

PERCIÒ UNA RIDUZIONE DEL 10% DELLA TENSIONE, STA PRODUCENDO,

A PARITÀ DI COPPIA RESA, UNA DIMINUIZIONE DI VELOCITÀ DI

SCI 11 g/s ($M_2 - M_2^*$), OUNO UNA DIMINUIZIONE

DELL' $0,756\%$ DI M_2 .

$$P_r^* = \frac{2\pi}{60} \cdot G \cdot M_2^* = \frac{2\pi}{60} \cdot 145 \cdot 1444 = 21926 \text{ W} \quad (\text{PRIMA ERA } 22093 \text{ W})$$

SE IPOTIZZIAMO CHE SIA IL \sum_{M_2} CHE IL $\cos \phi_{M_2}$ VARIANO DI POLO

POTREMO VALUTARE CHE:

$$P_a^* = \frac{P_r^*}{\sum_{M_2}} = 26870 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad I_{M_2}^* = \frac{P_a^*}{\sqrt{3} V_L^* \cdot \cos \phi_L} = \frac{26870}{\sqrt{3} \cdot 346,1 \cdot 0,81} =$$

$$I_L^* = 55,34 \text{ A}$$