







A

A





CT

PT

CVT

-

## ۱-۳-۲ ترانسفورماتور ولتاژ القایی

## ۲-۳-۲ ترانسفورماتور ولتاژ خازنی (CVT)

(CVD<sup>1</sup>)

CVT

( - )

(IVT<sup>2</sup>)

CVT

$\frac{22}{\sqrt{3}}$  kv

IVT

---

Capacitive Voltage Divider

Intermediate Voltage Transformer



CVT

:

$$K_1 = \frac{c_1 + c_2}{c_1} = \frac{E_2}{E_1} \quad ( - )$$

:

$$K_2 = \frac{E_3}{E_2} \quad ( - )$$

:

$$K = K_1 \times K_2 \quad ( - )$$

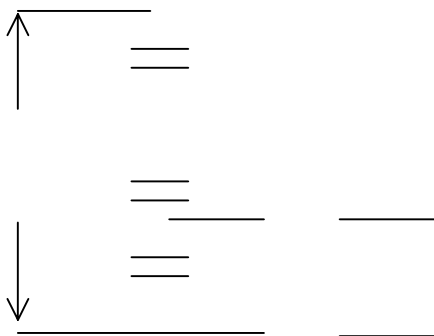
$$\frac{22}{\sqrt{3}} \text{ kv} \quad E_2 \quad K_1$$

$c_1$

IVT .

CVT .

(PLC<sup>3</sup>)



:( - )

-

## ۱-۴-۲ ضریب ولتاژ

IEC

$V_f$

$V_f$

:

/

/

CVT

CVT

## ۲-۴-۲ آلودگی

CVT

CVT

CVT

### ۳-۴-۲ ظرفیت پراکندگی

CVT

/

/ %

CVT





$\lambda^*$        $\lambda^*$

nm      nm

B

E

( - )

K

B E

B E

K B E

( - )

:( - )

-

B

E

E

:

$$E_x(z,t) = E_{ox} \cos(\omega t - hz) \quad ( - )$$

$$E_y(z,t) = E_{oy} \cos(\omega t - hz + \varphi) \quad ( - )$$

$\pi/\lambda$

h

$E_{oy} \ E_{ox}$

$\omega = \pi f$

$\varphi$

$\lambda$

Z

f

:

$$E(z,t) = iE_x(z,t) + jE_y(z,t) \quad ( - )$$

$$y \quad x \quad j \quad i$$

$$(-) \quad (-)$$

### ۱-۳-۳ نور پلاریزه شده خطی

$$\pi \quad \varphi \quad (-)$$

:

$$E(z,t) = (iE_{ox} + jE_{oy}) \cos(\omega t - hz) \quad (-)$$

x

$$\theta = \text{Arc tan}\left(\frac{E_{ox}}{E_{oy}}\right) \quad (-)$$

$$E = (E_{ox}^2 + E_{oy}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (-)$$

### ۲-۳-۳ نور پلاریزه شده دایره ای

$$: \quad (-) \quad (-)$$

$$\theta = -\frac{\pi}{2} + 2m\pi \quad m = 0,1,2,\dots \quad (-)$$

$$E_{ox} = E_{oy} = E_o \quad (-)$$

:

$$E(z,t) = E_o (i \cos(\omega t - hz) + j \sin(\omega t - hz)) \quad (-)$$



$E$

: ( - )

$$\theta = \frac{\pi}{2} + 2m\pi \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad ( - )$$

( - )

### ۳-۳-۳ نورپلاریزه شده بیضوی

$E$

$h$

$E$

: ( - ) ( - )

$$\left(\frac{E_x}{E_{ox}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{oy}}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{E_{ox}}\right)\left(\frac{E_y}{E_{oy}}\right)\cos\varphi = \sin^2\varphi \quad ( - )$$

$\alpha$   $(E_x, E_y)$

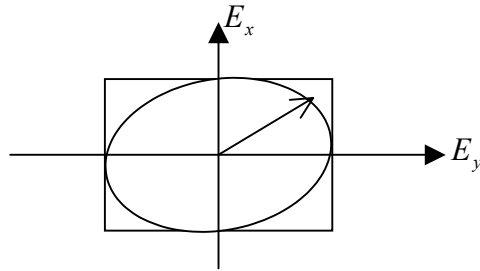
:  $\alpha$  . ( - )

$$\tan 2\alpha = \frac{2E_{ox}E_{oy}}{E_{ox}^2 - E_{oy}^2} \quad ( - )$$

$$\varphi = \pm(2k+1)\frac{\pi}{2} \quad E_{ox} = E_{oy} \quad ( - )$$

$$\varphi \quad . \quad ( - )$$

$$( - ) \quad 2\pi$$



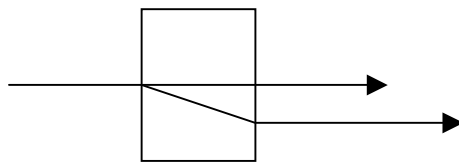
:( - )

-

( - )

$n_o$

$n_e$

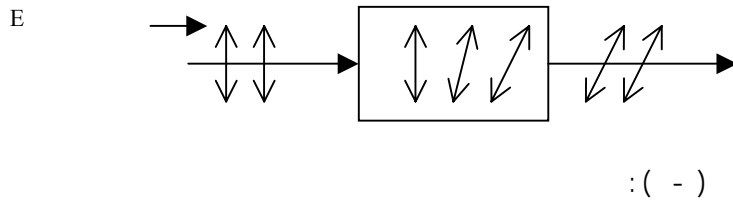


:( - )

-

( - )

E



$n_L$

$n_r$

$d$

$$\beta = \frac{2\pi d}{\lambda_0} (n_L - n_r)$$

( - )

$n_r < n_L$  ( - )

$\lambda_0$

$n_r > n_L$

$\varphi$

$\beta/d$

deg/m    rad/m

/ \* deg/m

HgS

NaClO<sub>3</sub>

/ \* deg/m

-

:

$$\Delta n = \alpha + \beta F + \gamma F^2$$

( - )

F

$\Delta n$

$\gamma =$

F .

$\gamma \beta \alpha$

$\beta =$

F .

( - )

$\gamma =$

F .

( - )

( - )

### ۳-۶-۱ اثر فارادی

(magneto optic effect)

:

$$n_r - n_L = \frac{\lambda VH}{2\pi}$$

$n_L$

$n_r$

$H$

$V$

$\lambda$

deg/A rad/A

B

B

$$\theta_f = V \int H \cdot dl$$

$$H \times L \quad H \cdot dl$$

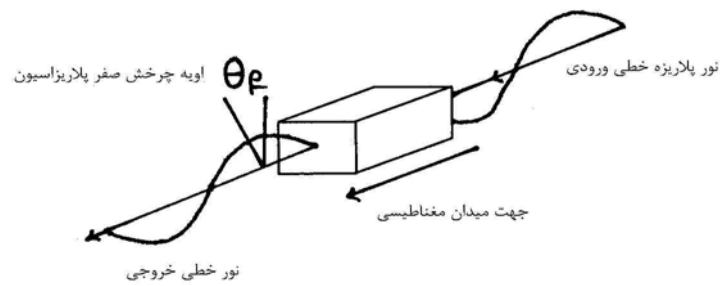
:

$$\theta_f = VHL$$

L

: -

		(rad/A)	
BSO	-----	/ × -	
YIG	TYPE 1	/ × -	
YIG	TYPE 2	/ × -	
Quartz(SF-57)	-----	/ × -	



: ( - )

### ۳-۶-۲ اثر کر

$$n_L \quad n_\pi$$

:

$$\Delta_n$$

$$\Delta_n = \lambda_0 k E^2 \quad ( - )$$

$$\Delta_n$$

$$k$$

$$\lambda_0$$

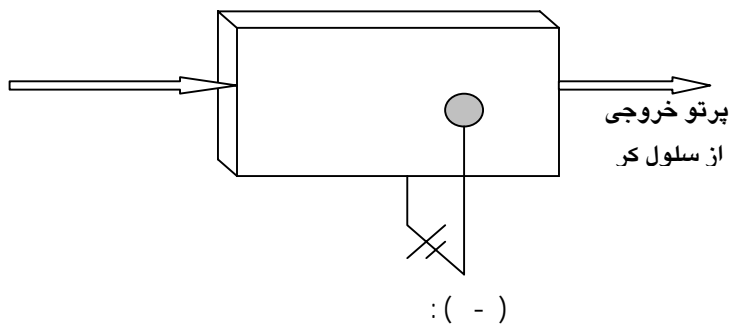
$$k$$

$$n/v^2$$

$$n_e - n_o$$



$$\theta_k = \frac{2\pi k L v^2}{d^2} \quad ( - )$$



: ( - )

ثابت کر	
/ × -	( H <sub>2</sub> O )
/ × -	( CHCl <sub>3</sub> )
/ × -	( C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub> )
/ × -	( C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )

### ۳-۶-۳ اثر پاکلز

$E$

:

$$\Delta_n = n^3 r_{63} E \quad ( - )$$

$E$

$n \quad m/v$

$r_{63}$

$$( - ) \quad r_{63}$$

:

$$\theta_p = 2\pi n^3 r_{63} \frac{v}{\lambda_o} \quad ( - )$$

$$\theta_p = \pi$$

$$\theta_p = \pi \frac{v}{v_{\frac{\lambda}{2}}} \quad ( - )$$

:

$v_{\frac{\lambda}{2}}$

$$v_{\frac{\lambda}{2}} = \frac{\lambda_o}{2n^3 r_{63}} \quad ( - )$$

$$v_{\frac{\lambda}{2}} \quad n \quad r_{63} \quad -$$

:( - )

$$v_{\frac{\lambda}{2}} \quad n \quad r_{63} \quad : -$$

	$V_{\frac{\lambda}{2}} \text{ (KV)}$	$n_o$	$r_{63} \text{ (m/v)}$	
	/	/	/ * -	$Bi_{12}SiO_{20} \text{ (BSO)}$
	/	/	/ * -	$NH_4H_2PO_4 \text{ (ADP)}$
	/	/	/ * -	$KH_2PO_4 \text{ (KDP)}$
	/	/	/ * -	$LiTaO_3$
	/	/	/ * -	$LiNbO_3$

:

$$\theta_p = 2\pi n^3 r_{63} \frac{VL}{\lambda d} \quad ( - )$$

. ( )  $d$   $L$

-

۳-۷-۱ منابع نور

*ILD*

. *LED*

*LED*

*LED*

*LED*



۳-۷-۳ قطبشگر<sup>۴</sup>۴-۷-۳ تیغه ربع موج و نیمه موج<sup>۵</sup> $\pi$  $\frac{\pi}{2}$ 

Polarizer

Half wave plate and quarter wave plate-

$\mu m$ 

/

 $n_e - n_o$  $\frac{\pi}{2}$ 

۳-۷-۵ آشکار سازی نور

. APD<sup>7</sup>                      pin                      :





## بررسی ترانسهای ولتاژ نوری

-

OPT ) .

.(

OPT -

:

$$\theta_k = 2\pi KL \frac{v^2}{d^2} \quad ( - )$$

$L$

$d$

$v$

$K$

$\theta_k$

$\theta_k$

$\theta_k$

)

(

)

(

:

$$\Lambda_o = M_p(135)M_kM_p(45)\Lambda_i \quad ( - )$$

$\Lambda_i$

:

$$\Lambda_o = 0.5 \begin{bmatrix} \sin^2\left(\frac{\theta_k}{2}\right) \\ 0 \\ \sin^2\left(\frac{\theta_k}{2}\right) \\ 0 \end{bmatrix} \quad ( - )$$

:

$$P = p_{in} \sin^2\left(\frac{\theta_k}{2}\right) \quad ( - )$$

$$P = P_{in} \sin^2 \left( \frac{\pi KLV^2}{d^2} \right) \quad ( - )$$

$$P = P_{in} \sin^2 \left( \frac{\pi}{2} \times \left( \frac{v}{v_m} \right)^2 \right) \quad ( - )$$

$$v_m = \frac{d}{(2KL)^{\frac{1}{2}}} \quad ( - )$$

$v_m$

( - )

$P$  ( - )

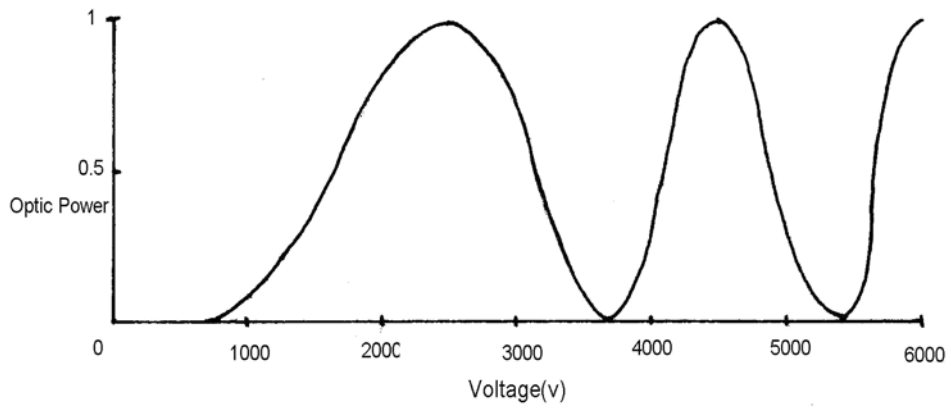
mm mm

OPT

$$\theta_k$$

$$\frac{2\rho}{\rho_{in}} = 1 + \theta_k = 1 + 2\pi KL \frac{v^2}{d^2} \quad ( - )$$

$P$  ( - )



:( - )

OPT -

OPT

OPT

OPT

### ۱-۳-۴ اصول کار OPT

OPT

$$\theta_p = \frac{\pi v}{v_{\frac{\lambda}{2}}} = 2\pi n^3 r \frac{v}{\lambda} \quad ( - )$$

$v$

$\lambda$

$r$

$n$

$v_{\frac{\lambda}{2}}$

$\theta_p$

### ۲-۳-۴ سیستم مدولاسیون شدت نور در OPT

OPT ( - ) .



:( - )

:

$$\Lambda_o = M_o (135) M_{pk} M_p (45) \Lambda_i \quad ( - )$$

$M_{pk}$

:

$$\rho = \rho_{in} \sin^2\left(\frac{\theta_p}{2}\right) \quad ( - )$$

:

$\theta_p$

$$\rho = \rho_{in} \sin^2\left(\pi n^3 r \frac{v}{d}\right) = \rho_{in} \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{v}{v_{\frac{\lambda}{2}}}\right) \quad ( - )$$

)

( - )

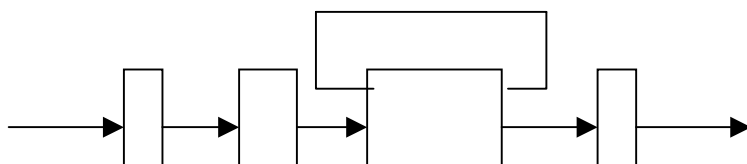
:

$$\Lambda_o = M_p(135)M_{pk}M_{\frac{\lambda}{4}}(90)M_p(45)\Lambda_i \quad ( - )$$

$$M_{\frac{\lambda}{4}}$$

:

$$\rho = 0.5 \rho_{in} (1 + \sin(\theta_p)) \cong 0.5 \rho_{in} (1 + \theta_p) = 0.5 \rho_{in} \left(1 + \frac{\pi v}{v_{\frac{\lambda}{2}}}\right) \quad ( - )$$



:( - )



$$\Lambda_o = M_p(135)M_{\frac{\lambda}{4}}(90)M_{pk}M_p(45)\Lambda_i \quad \left( - \frac{\pi}{2} \right)$$

( - ) .

### ۳-۳-۴ مدار پردازش سیگنال در OPT

$\theta_p$

OPT

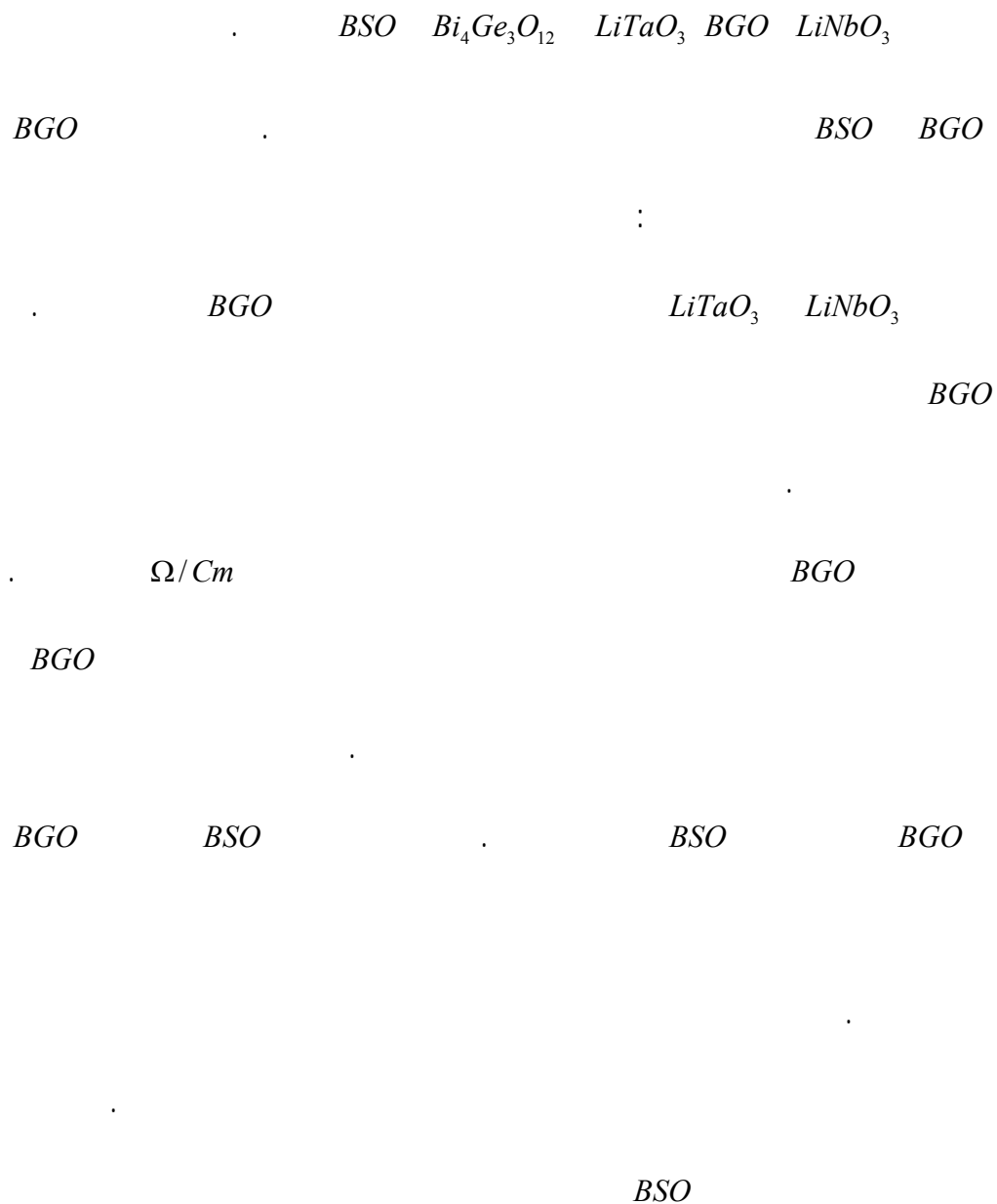
$$v_{out} = \cos(\theta_k) \quad \left( - \right)$$

$$v_{out} = \sin(\theta_k) \quad \left( - \right)$$

$\theta_p \quad \theta_k$

OPT

### ۴-۲-۴ مواد سازنده سلول پاکلز



$$P = P_m (1 + m) \quad ( - )$$

$$m = \pi \frac{v}{v_\lambda} f(v) \quad ( - )$$

$$f(v) = \frac{\sin[g(v)]}{g(v)} \quad ( - )$$

$$g(v) = \sqrt{\left(\pi \frac{V}{V_{\frac{\lambda}{2}}}\right)^2 + (2\varphi d)^2} \quad ( - )$$

 $d$  $\varphi$  $V_{\frac{\lambda}{2}}$  $m$ 

OPT

OPT

-

OPT

۱-۴-۴ مشخصه خروجی OPT

OPT

 $\theta_p \quad \theta_k$ 

OPT

( - )

OPT : ( - )

OPT		
OPT	$\cos(\theta_k)$	$\cos(\theta_k) \cong \theta_k$
OPT	$\sin(\theta_p)$	$\sin(\theta_p) \cong \theta_p$

OPT

( - )

OPT

OPT

OPT

OPT

OPT

OPT

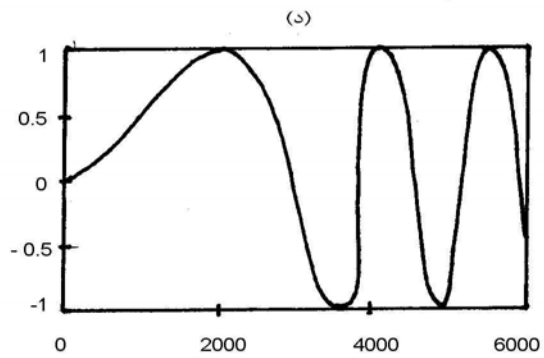
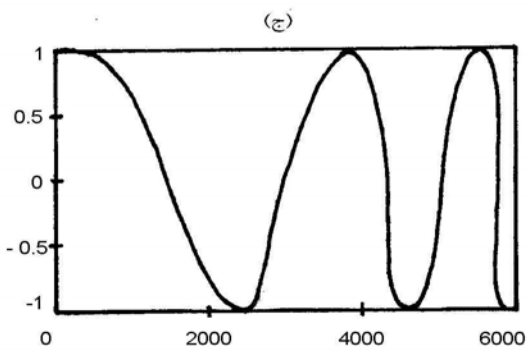
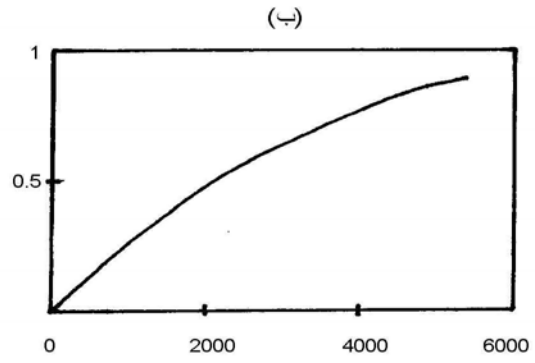
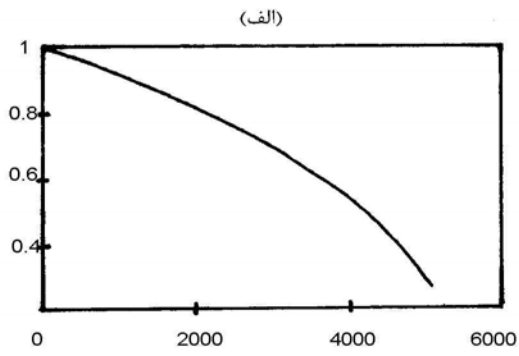
( - )

OPT

OPT

$$V_{\frac{\lambda}{2}} \theta_p$$

$$V_{\frac{\lambda}{2}}$$



( - ) :

OPT

OPT

OPT

OPT

$$\pi V \langle 0.25 V_{\frac{\lambda}{2}} \rangle$$

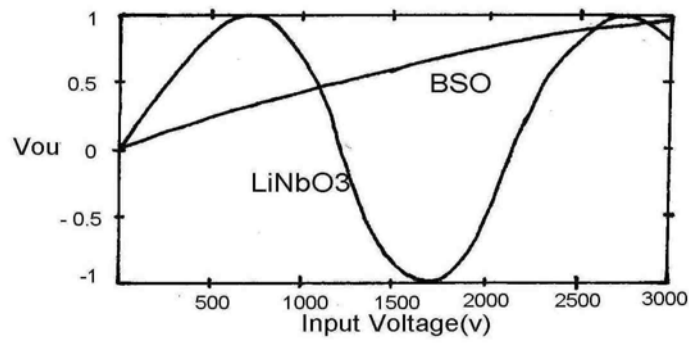
$$V_{\frac{\lambda}{2}}$$

( - )

OPT

$$V_{\frac{\lambda}{2}}$$

*LiNbO<sub>3</sub>*    *BSO*    OPT



:( - )

۲-۴-۴ مشخصه حرارتی OPT

OPT

$\theta_p$

$$\frac{\Delta V_{\lambda/2}}{V_{\lambda/2}}$$

OPT

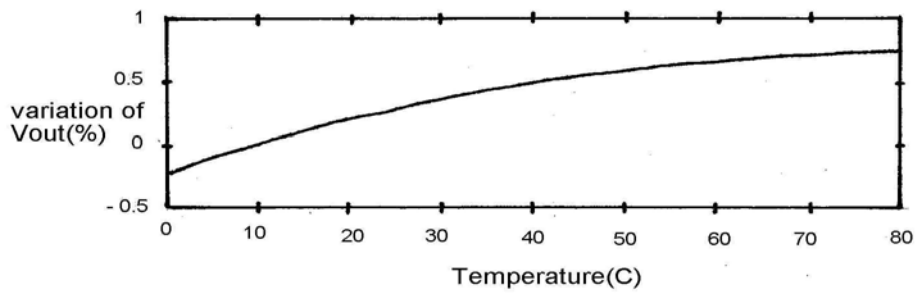
$$\theta_p = \pi \frac{V}{V_{\lambda/2} (1 + \Delta V_{\lambda/2} \times \Delta T)}$$

( - )

$$/ * \text{ }^{-\Delta} / \circ c \quad LiTaO_3 \quad V_{\lambda/2}$$

( - )

*LiTaO<sub>3</sub>*



*LiTaO<sub>3</sub>*

:( - )

BSO

$$BSO \quad V_{\frac{\lambda}{2}} \quad ( - ) \quad ( - )$$

$$/ * \quad -\delta / \circ C \quad / * \quad -\varphi / \circ C$$

$$( - ) \quad \Delta T$$

$$g(V) = \sqrt{\left[ \frac{\pi V}{V_{\frac{\lambda}{2}} (1 + \Delta V_{\frac{\lambda}{2}} \cdot \Delta T)} \right]^2 + [2\varphi(1 + \Delta\varphi \cdot \Delta T) d]^2} \quad ( - )$$

OPT

$$g(V) \quad ( - )$$

$$m \quad ( - )$$

$$\Delta T = 60^\circ C$$

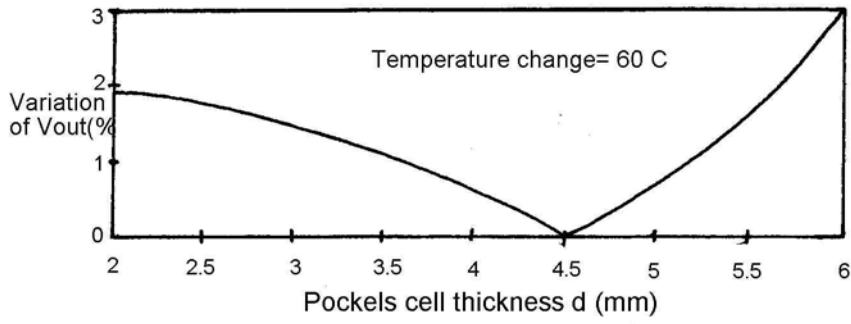
$$( - ) \quad /$$

$$d = 4.7^{mm} \quad d = 2^{mm} \quad OPT$$

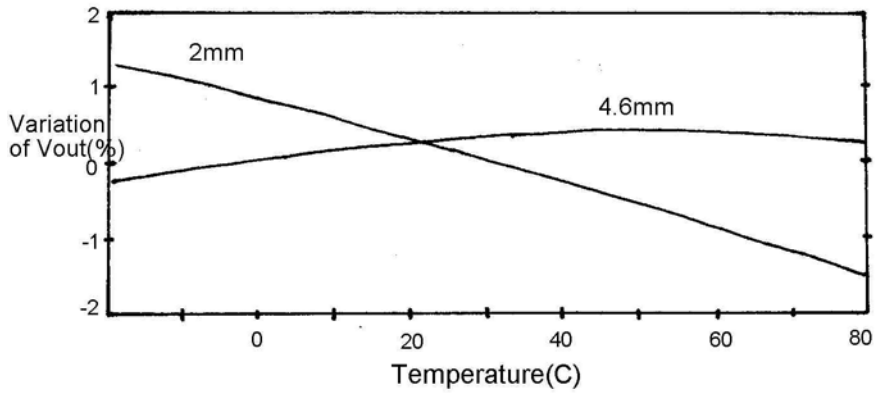
OPT

$$\pm / \% \quad - \quad / \text{ mm}$$

mm



شکل (۷-۴): رابطه بین تغییرات ولتاژ خروجی با دما و ضخامت سلول



( - )

OPT

-

OPT

$$V_{\frac{\lambda}{2}}$$

$$V_{\frac{\lambda}{2}}$$



OCT

-

$\theta_f$

$\theta_f$

$\theta_f$

۴-۶-۱ مدار پردازش سیگنال بر اساس روش AC/DC

DC

AC

AC ( - )

:

$$\left( \begin{array}{l} P_{\text{det}1} = 0.5 P_{in} (1 - \sin 2\theta_f(t)) \\ P_{\text{det}2} = 0.5 P_{in} (1 + \sin 2\theta_f(t)) \end{array} \right) \quad ( - )$$

$$P_{Oac} = \pm 0.5 P_{in} \sin 2\theta_f(t) \quad ( - )$$

:

$\theta_f$

$$P_{Oac} \cong 0.5 P_{in} \theta_f(t) \quad ( - )$$

:

DC

$$P_{Odc} = 0.5 P_{in} \quad ( - )$$

AC ( - )

DC AC

:

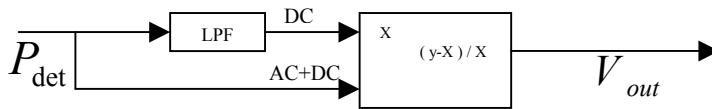
$$V_{out} = \frac{P_{Oac}}{P_{Odc}} = 2\theta_f(t) = AI(t) \quad ( - )$$

$I(t)$  A

$\theta_f(t)$

( - )

AC/DC



AC/DC : ( - )

۲-۶-۴ مدار پردازش سیگنال به روش -/+

- +

( - )

:

$$V_{out} = \frac{P_{det1} - P_{det2}}{P_{det1} + P_{det2}} = \sin 2\theta_f(t) \cong 2\theta_f(t) = AI(t) \quad ( - )$$

-/+

( - )

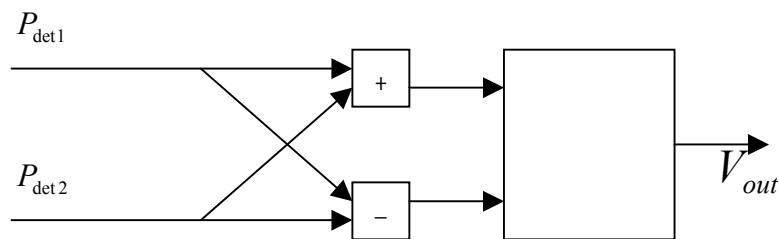
AC/DC

-/+

AC/DC

-/+

$P_{det 2}$   $P_{det 1}$



-/+

:( - )

۳-۶-۴ مدار پردازش سیگنال با استفاده از متوسط شدت نور

:

$$V_{out} = \frac{P_{det 1} - \overline{P_{det 1}}}{P_{det 1}} - \frac{P_{det 2} - \overline{P_{det 2}}}{P_{det 2}} \quad ( - )$$

$\overline{P_{det 2}}$   $\overline{P_{det 1}}$

( - )

$\theta_f$

:

$$P_{det 1} \cong 0.5P_{in}(1 - 2\theta_f(t)) \quad ( - )$$

$$P_{det 2} \cong 0.5P_{in}(1 + 2\theta_f(t)) \quad ( - )$$

$$\theta_f(t)$$

$$P_{det1} \cong 0.5P_{in}(1 - KI_o \sin \omega t) \quad ( - )$$

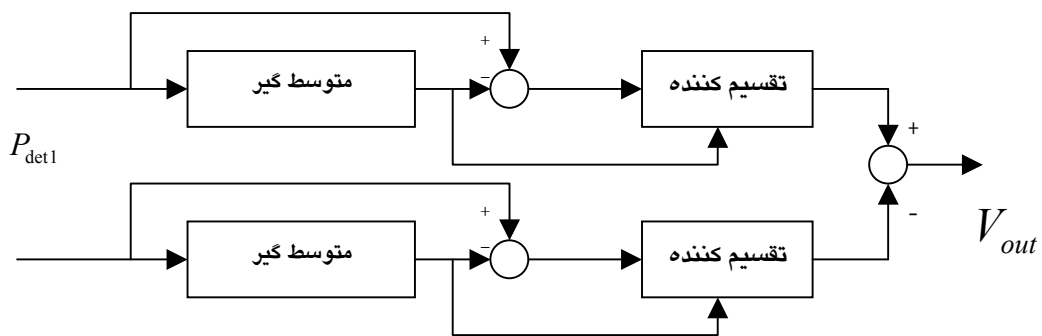
$$P_{det2} \cong 0.5P_{in}(1 + KI_o \sin \omega t) \quad ( - )$$

$$I_o \quad K$$

$$0.5P_{in} \quad \overline{P_{det2}} \quad \overline{P_{det1}} \quad \omega$$

$$:$$

$$V_{out} = 2KI_o \sin \omega t \quad ( - )$$



$$P_{det2} \quad : ( - )$$



## فصل پنجم

-

( CT)

( VT)

VT CT

)

(

)

(

VT CT

:

**دقت :**

IEEE / IEC / s

IEEE % p p IEC

**محدوده دینامیکی :**

<sup>A</sup>

VT . ۱۷۰ KA

% %

)

(

(IPP<sup>8</sup>)

IPP

IPP

پهنای باند :

CT

KHZ

HZ

CT

DC

KHZ

KHZ

اندازه، وزن و تعداد دستگاهها :

VT

CT

:



				VT CT
VT	CT	VT	CT	-

%

امنیت درونی ، طراحی مساعد محیطی :

(SF<sub>6</sub>)

CT

تعمیر و نگهداری :

(

- -

## ۱-۳-۵ هزینه‌های سرمایه‌پست و هزینه‌های ساخت

VT)

:

(

CT

- 
- 
- 
- 
- 

( )

•

•

:

•

•

•

Nxt phase Hydro Quebec

CT

VT CT

VT

VT CT

KV

:

IPP

SF<sub>6</sub>

CT

CT

VT

SF<sub>6</sub>

VT

CCVT

CT

kV

VT

۲-۳-۵ بازده کارآیی عملکرد

:

- 
- 
-

سمت فشار ضعیف	قیمت واحد به دلار		تعداد		مبلغ کل به دلار	
	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری
ترانسهای ولتاژ و جریان						
اندازه گیری						
تابلو						
					۳۵۵۰۰	۰
ترانس ولتاژ حفاظتی						
ترانس جریان حفاظتی						
ترانس ولتاژ و جریان اندازه گیری با هم						
ترانس ولتاژ و جریان اندازه گیری و حفاظتی با هم						
فوندانسیون						
آهن						
اندازه گیری						
مجموع فشار قوی					۱۷۲۰۰۰	۱۲۷۰۰۰

هزینه نصب	قیمت واحد به دلار		تعداد		مبلغ کل به دلار	
	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری
سمت فشار ضعیف						
زمان نصب (نفر-ساعت)						
دستمزد هر ساعت						
دستمزد نصب فشار ضعیف	۲۴۰۰	۰	۶		۱۴۴۰۰	۰
سمت فشار قوی						
زمان نصب (نفر-ساعت)						
دستمزد هر ساعت						
دستمزد نصب فشار قوی						

مجموع هزینه نصب					۲۶۶۹۰۰	۱۴۳۵۰۰
-----------------	--	--	--	--	--------	--------

هزینه سرمایه	قیمت واحد به دلار		تعداد		مبلغ کل به دلار	
	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری
سمت فشار ضعیف						
ترانسهای ولتاژ و جریان						
اندازه گیری						
تابلو						
مجموع فشار ضعیف					۳۵۵۰۰	۰
سمت فشار قوی						
ترانس ولتاژ و جریان اندازه گیری با هم-پرشده روغن						
ترانس ولتاژ و جریان اندازه گیری و حفاظتی با هم						
اندازه گیری						
مجموع فشار قوی					۹۸۵۰۰	۱۲۲۵۰۰

هزینه نصب	قیمت واحد به دلار		تعداد		مبلغ کل به دلار	
	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری	ترانس معمولی	ترانس نوری
سمت فشار ضعیف						
زمان نصب (نفر-ساعت)						
دستمزد هر ساعت						
دستمزد نصب فشار ضعیف	۲۴۰۰	۰	۶		۱۴۴۰۰	۰
سمت فشار قوی						
فوندانسیون						
آهن						
زمان نصب (نفر-ساعت)						
دستمزد هر ساعت						
دستمزد نصب فشار قوی						
مجموع هزینه نصب					۲۰۸۴۰۰	۱۷۰۵۰۰

KV

IPP

MW

IPP

MW

MWhr

MW

	ترانس معمولی	ترانس نوری با اندازه گیر ورودی دیجیتال	ترانس نوری با اندازه گیر ورودی معمولی
ترانس جریان	/ %	/ %	/ %
ترانس ولتاژ	/ %	/ %	/ %
سیم کشی	/ %		
اندازه گیری	/ %		/ %
مجموع	%	/ %	/ %
توسعه و بهبود		/ %	/ %
احتمال توسعه و بهبود		/ %	/ %
توسعه و بهبود در سال	\$	\$	\$
NPV ۱۵٪ درصد برای ۳۰ سال	\$	\$	\$

IPP

:

V V

A A

	IEC	
	UCA-	
ANSI/IEEE		
	KV	
	MW	
% /		
	MW	
		VT
		CC VT
CC VT		
	/	%



SCADA

/

KV KV

MW

MW .

:

•

•

۳-۳-۵ صرفه جویی های نگهداری و تعمیرات

: SF<sub>6</sub>

•

SF<sub>6</sub>

•

•

. (Cigre : ) . /

%

SF<sub>6</sub>

CT

( )

( ) NIST

CT

SF<sub>6</sub>

SF<sub>6</sub>

:

•

KV

	ترانس معمولی	ترانس نوری
تعداد واحدها		
ارزش هر صورت کالا	\$	\$
۱۵٪ هزینه هر صورت کالا اعمال شده بر هزینه هر سال	\$	\$
NPV ۱۵٪ برای ۳۰ سال	\$	\$
صرفه جویی توسط سیستم نوری		\$ ۳۴۰۰۰۰
تعداد نصب برای هر صورت کالا		
تخمین صرفه جویی برای هر نصب		\$ ۳۴۰۰

۴-۳-۵ صرفه جویی‌های مصرف دوره نهایی<sup>۹</sup>

: SF<sub>6</sub>

%

SF<sub>6</sub>

۵-۳-۵ مثال عملکرد JPP، ۶۰۰ MW در ۲۳۰ KV

KV

. %

:

:

:(% / )

:

:( )

:

:

«      » «      »

:

CT



PT

-

(PT)

(CT)

(CVT)

## ۱-۲-۶ احتمال انفجار

SF<sub>6</sub>

PT CT

## ۲-۲-۶ اشباع شدن هسته ترانسفورماتور

emf<sup>l0</sup>



dc

dc

)

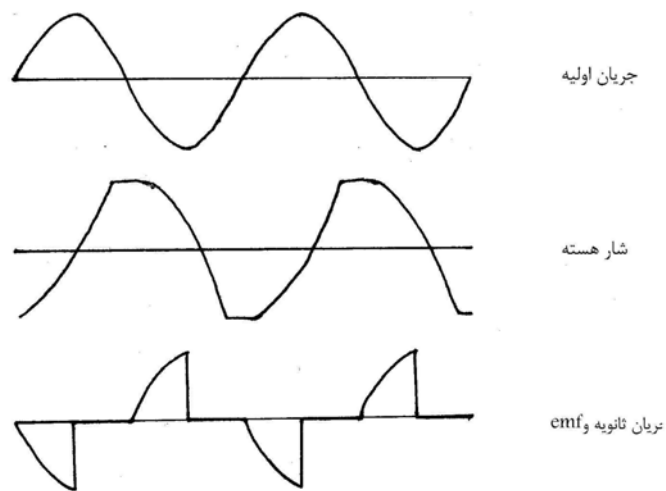
(

dc

emf

( - ) .

( .



( - )

۳-۲-۶ اثر فرورزونانس<sup>۱۱</sup>

۱-۳-۲-۶ ترانسفورماتورهای ولتاژ خازنی

( )

Hz

۲-۳-۲-۶ ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ القایی

CVT

۴-۲-۶ شار پس ماند<sup>۱۲</sup>

B-H B

۵-۲-۶ وزن و حجم زیاد

۶-۲-۶ محدود بودن دقت آنها

VT

%

IEC 186

%

%

۱-۳-۶ عدم احتمال انفجار

۲-۳-۶ عدم ایجاد پدیده فرورزونانس در آنها

۳-۳-۶ بدون اثر شار پس ماند

۴-۳-۶ وزن و حجم کم

OCT

OVT

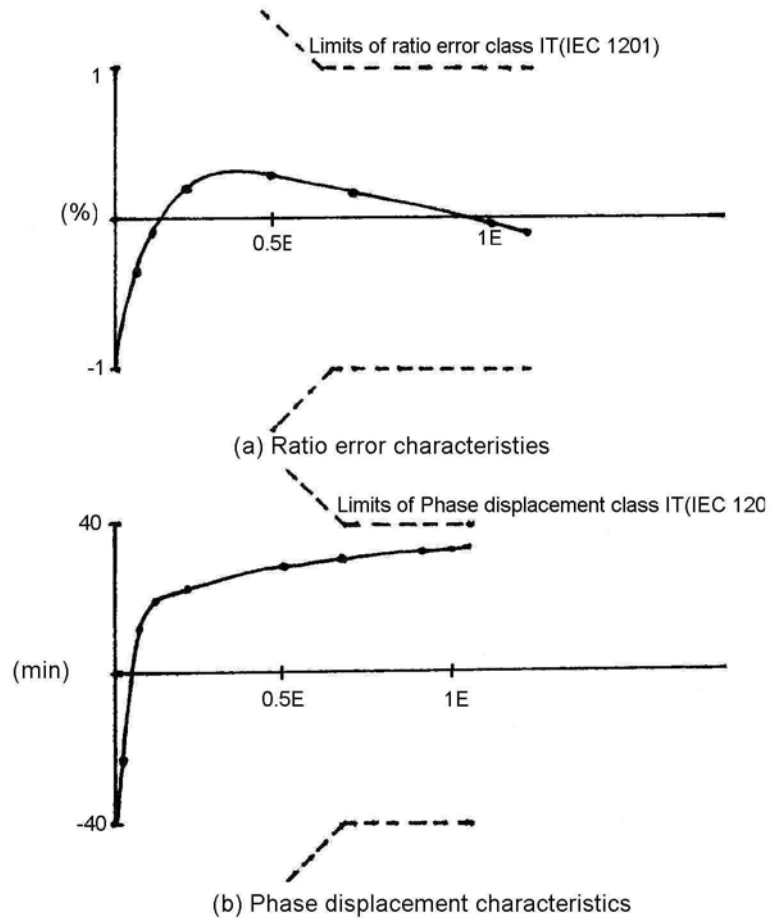
## ۵-۳-۶ داشتن دقت بالا

OVT ( - )

( - )

OVT





:( - )

۶-۳-۶ داشتن سرعت پاسخ دهی بالا

OVT

VT .

OCT

OVT

GIS

:

GIS

OVT

$\pm 1\%$

/

GIS



ABB

[ ]

OCT

*BSO*



KV

-

۷-۱-۱ مقدمه

(OVT)

KV OVT .

(BC Hidro internal

ANSI/IEEE C57.13 (60044-2 and-7)IEC<sup>13</sup>

/

OVT .

specification) BC

IEEE

/ IEC

( - )

OVT

OVT

<sup>KV</sup> OVT

)

(

OVT

OVT

OVT

SF<sub>6</sub>

N<sub>2</sub>



۲-۱-۷ طرح OVT :

OVT

b a :

b a

x b a

( ) :

$$V_{ba} = -\int_a^b E_x(x) dx \approx \sum_{i=1}^N \alpha_i E_x(x_i) \quad ( )$$

$x_i$  N x  $E_x$

$\alpha_i$

:

$\alpha_i$   $x_i$  (N)

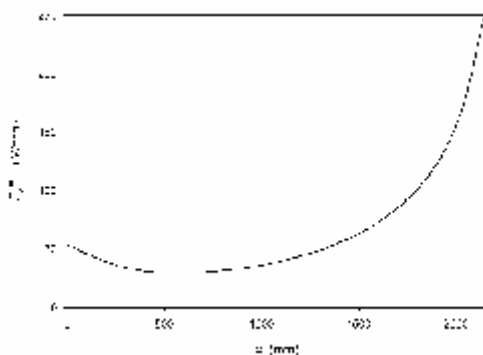
$E_x$  (media)

$E_x^{unp}$

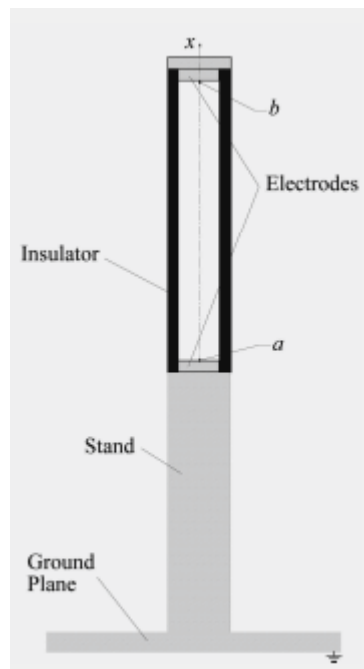
b a x

x ( ) OVT

/ m b-a OVT ( ) OVT



$$E_x^{unp}$$



$$OVT \quad E_x^{unp} :$$

$$OVT \quad :$$

$$OVT \quad (N=3)$$

$$K \quad OVT$$

$$E_x$$

$$(IEC \% / )$$

$$OVT$$

$$OVT \quad ( )$$

$$/ \quad ( \quad OVT) \quad OVT$$

$$N \quad ( \quad ) E_x^{unp}$$

$$( \quad )$$

( ) :

$\alpha_i$	$x_i [mm]$	
/	/	
	/	
/	/	

Pockels

/

DSP

۳-۱-۷ برپایی آزمایش:

OVT KV

Kg

OVT

psi

/ m OVT

OVT OVT

( ) OVT

/



شکل ۳: مجموعه تست فشار قوی برای OVT ۲۳۰ کیلو ولت

( IEC ) :

-

( ) -

OVT

OVT

) - KV

( KV

OVT

OVT

± / IEC

± % % %

/ OVT

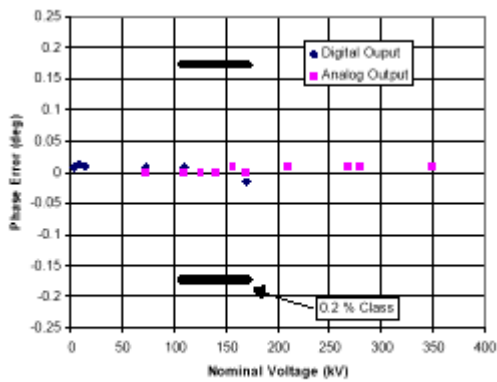
/ OVT .

OVT

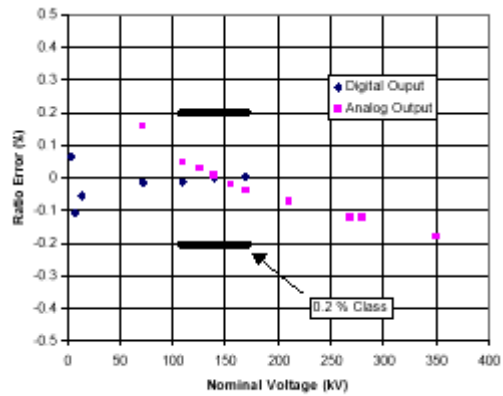
OVT

KV KV

( ) % /



(b)



(a)

OVT m

( )

OVT m



/

:

/

:

% /

. OVT

:

( )

:

نوع آشفتنگی	فاصله(متر)	ارتفاع	درصد خطا
	----	----	/
	/	----	/
	/		/
	/		/

واکن زمین شده			- /
نزدیکی فاز در ۱۲۰ درجه		----	( - / ° ) /

$E_x$

OVT

$E_x$

$E_{x,i}$  :

	$\Delta E_{x,1}$	$\Delta E_{x,2}$	$\Delta E_{x,3}$
/	%- /	% /	% /
/	%- /	% /	% /
/	%- /	% /	% /
	-	% /	% /
	( - / ° ) %- /	( / ° ) % /	( / ° ) % /



:

OVT

$KV$  OVT

OVT

IEC

IEC 60044-7

% /

OVT

±

± % /

OVT

)

/ %

OVT (OVT

SF<sub>6</sub>

-

۱-۲-۷ مقدمه:

KV KV

OVT .



OVT

) IEEE/ ANSI C / / IEC - /

( / /

( KHZ )

OVT

OVT

:

OVT

SF<sub>6</sub>

KV OVT . (Stress) KV

OVT .  
OVT .  
( )

OVT .  
IEC IEEE

۲-۲-۷ اصول طرح و کارکرد

: OVT . ( )

) OVT  
(

$$V_{ba} = -\int_a^b E_x(x) dx \approx \sum_{i=1}^N \alpha_i E_x(x_i) \quad ( )$$

$x$        $E_x$        $b$   $a$        $V_{ab}$   
                   $i$        $x_i$        $N$        $x$   
                           $x$       OVT       $i$        $\alpha_i$   
     $x$        $b$   $a$  OVT  
     $x$

OVT

( )

HV

OVT

( )

KV

m

KV

OVT

SF<sub>6</sub>

/

( Kpa )

KV

KV

OVT

MΩ

MΩ

HV

( )

MΩ

HZ

### ۳-۲-۷ نتایج تست‌های آزمایشگاهی ولتاژ بالا:

<sup>KV</sup> OVT

<sup>KV</sup> OVT

HV

OVT ( )

( ) D/A

<sup>KV</sup> OVT .

: : <sup>KV</sup> OVT : :

### ۱-۳-۲-۷ بازدهی در مورد دقت

IEEE / IEC / OVT .

OVT

(RCF<sup>15</sup>)

(TCF<sup>14</sup>)

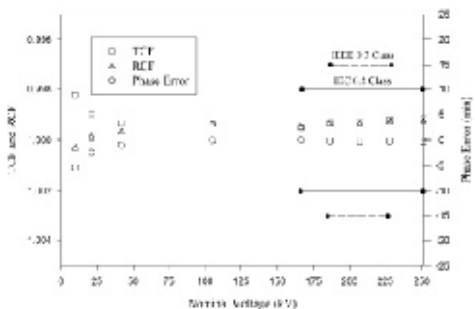
KV KV

OVT

OVT

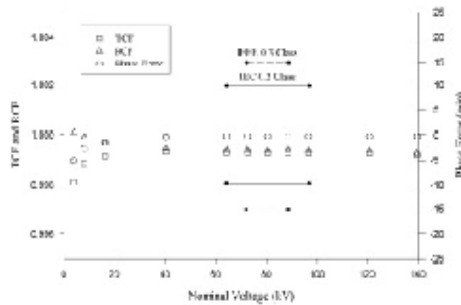


:



KV OVT

RCF TCF :



KV OVT

RCF TCF :

KHZ

OVT

KV OVT

KHZ

( )

(Total Harmonic

% / % /

OVT

Distortion )

HZ

OVT

OVT

( ) :

		OVT
( )		
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/
	/	/

OVT

OVT .( )

OVT

OVT



/		- /	- /	/
/		- /	- /	/
/		- /	- /	/
/		- /	- /	/

OVT		TCF		:
( )	( )		( )	TCF
		/	/	/
		/	/	/
		/	/	/
		/	/	/
		/	/	/
		/	- /	/
		/	- /	/
		/	- /	/
		/	- /	/
		- /	- /	/
		- /	- /	/

HZ

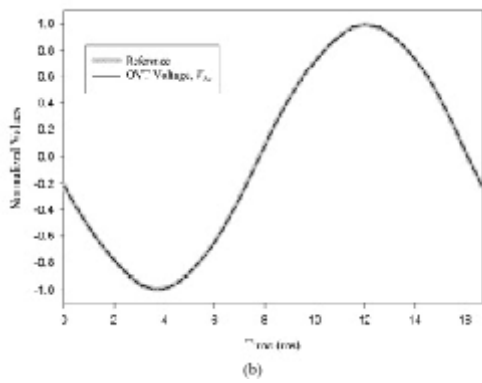
HZ

OVT

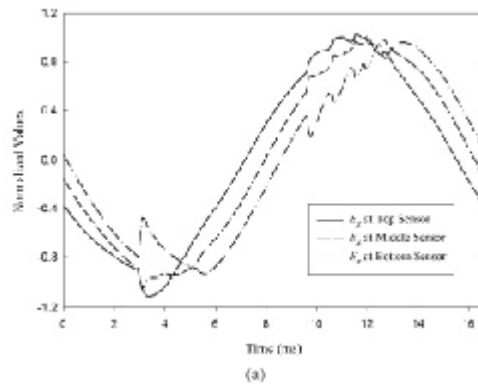
OVT



OVT



(b)



(a)

KV OVT :

-B

OVT

)

-

.(

HV

KV OVT

MS / MS

/ KV

MS MS

KV

KV

KV OVT

OVT KV

KV OVT

ms ms

OVT KV

OVT :

( )	( pc)	IEC 60044-2
/	<	< pc
/	<	< pc
	<	< pc
	<	< pc
	/	< pc
	/	-----
		-----
	/	-----
	/	-----
	/	< pc
	/	< pc
	<	< pc
/	<	< pc
/	<	< pc

OVT

OVT

KV KV

KV KV

OVT

OVT .

OVT :

( )	( pc)	IEC 60044-2
	/	< pc
	/	< pc
	/	< pc
	/	< pc
		< pc
	/	< pc

-

KV

a.c.

HZ

VT

KV

(Elastooptic)

dc

$(V_{\pi})$

KV

(Link)

۲-۳-۷ سنسور پاکلز فشار قوی و ترانسفورماتور ولتاژ نوری بر پایه سیستم WLI

Polarimetric

KV

(Birefringent)

WLI

الف- مدولاتورهای الکترونی در تنظیمات طولی

:

E

$$n = n_o + rE + SE^{\gamma} + \dots \quad ( )$$

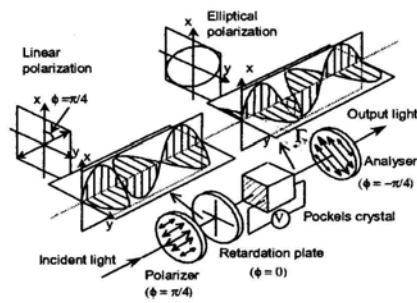
S r n<sub>o</sub>

( )

Γ

$$\Gamma = (\gamma\pi/\lambda)\Delta n \times L \quad ( )$$

L Δn L λ



$$V = E \times L$$

$$\Delta n = n_o^{\gamma} r_{\gamma} \frac{V}{L} \quad ( )$$

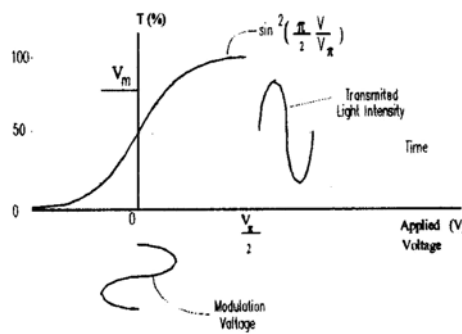
$$\Gamma_{\pi} = \frac{V}{V_{\pi}}$$

$$V_{\pi} = \frac{\lambda}{2n^2 r_{\pi}} \quad (1)$$

$$\Gamma_t = \phi_r + \pi \frac{\theta}{V_n} \quad (2)$$

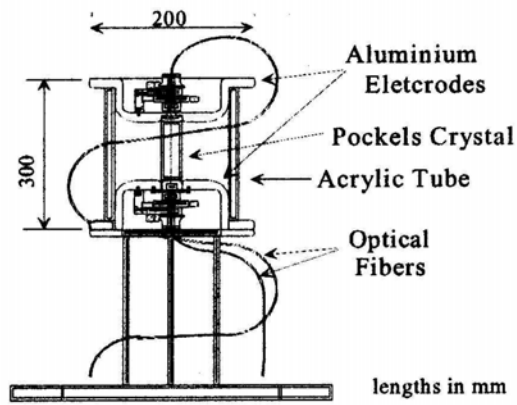
$$\phi_r = \frac{\pi}{\gamma}$$

$$T = \frac{I_o}{I} = \sin^2 \left[ \frac{\pi}{\gamma} + \frac{1}{\gamma} \pi \frac{V(t)}{V_{\pi}} \right] \quad (3)$$



ب- سنسورهای پاکلز ولتاژ بالا بر اساس مدولاسیون طولی :

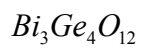
(OVT)



:

( )

acrylic



( $1 \times 5 \times 100$  mm)

(BGO)

mm

mm

acrylic

mm



/ m (GRIN<sup>16</sup>)

± / / mm

- db

$$r_{41} = 1/03 \times 10^{-k} \left( \frac{m}{\nu} \right), n_o = / \quad \text{BGO}$$

$$\lambda = 1/321 \mu\text{m} \quad (\text{SLD}^{17})$$

:

$$V_{\pi} \cong / \text{ kv}$$

ج - تکنیک WLI اعمالی برای سنسورهای پاکلز ولتاژ بالا جهت ساخت یک

ترانسفورماتور نوری ولتاژ بالا :

( )

WLI

:

(Lc)

(OPD<sup>18</sup>)

(  $OPD \gg L_C$  )

OPD ( ) OPD

$$\Delta L_s = \Gamma_t \times \left( \frac{\lambda_o}{2\pi} \right) = \frac{\lambda_o}{2} \frac{V}{V\pi} + \Delta L_{RPs} \quad ( )$$

OPD  $\Delta L_{RPs}$

OPD BGO

WLI

(LiNB<sub>3</sub>O)

x mm

OPD BGO y x z y

SLD  $L_C$   $\Delta L_{RPs}$

$$I_o = \frac{1}{4} \alpha_s \cdot \alpha_R \cdot I_i \left\{ 1 + \frac{1}{2} e^{-(\pi \Delta L / L_C)^2} \cos 2\pi \frac{\Delta L}{\lambda_o} \right\} \quad ( )$$

$\alpha_s$  (SLD)  $I_i$

$\alpha_R$  SLD

OPD  $\Delta L$   $\lambda_o$

$$\Delta L = \Delta L_s - \Delta L_{RPr}$$

OPD

OPD

$$\Delta L_{RPr} = \Delta L_{RPs} - \frac{\lambda_o}{\epsilon} :$$

$I_o$  ( )

$$I_o = \frac{1}{4} \alpha_s \cdot \alpha_R \cdot I_i \left\{ 1 + \frac{1}{2} e^{-\left[ \frac{\lambda_o (\frac{\pi V}{Vn} - \frac{\pi}{2})}{L_C} \right]^2} \cos \left( \pi \frac{V}{V_\pi} - \frac{\pi}{2} \right) \right\} \quad ( )$$

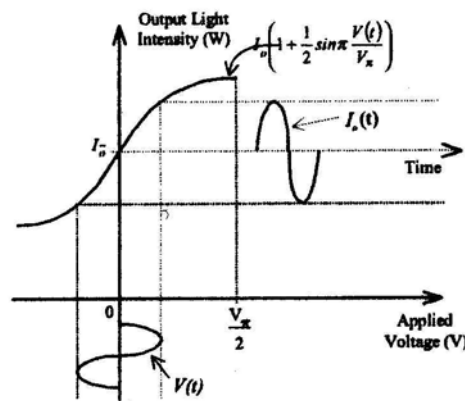
( )  $\lambda_o$   $L_C$

$$I_o \cdot |V| < V_\pi$$

:

$$I_o = I_o \times \left( 1 + \frac{1}{2} \sin \pi \frac{V}{V_\pi} \right) \quad ( )$$

$$I_o = \frac{1}{4} \alpha_s \alpha_R I_i$$



WLI :

د- ترانسفورماتور ولتاژ بالا نوری با استفاده از تنظیمات WLI

)  $I_o$

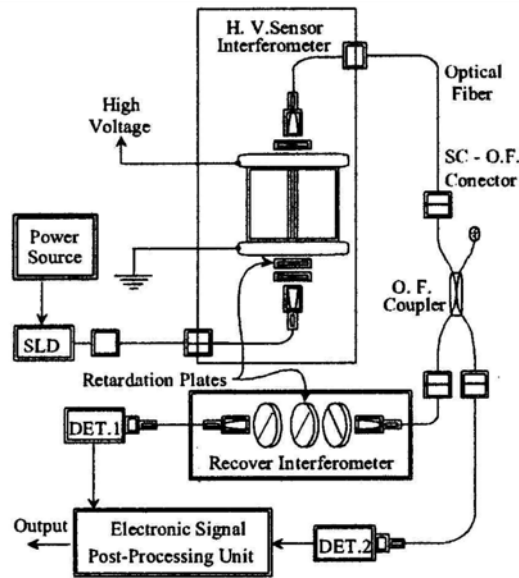
WLI

$\alpha_t$

(

WLI

( )



WLI :

$$I_{os} = \frac{1}{\gamma} \alpha_s \cdot I_i \left\{ 1 + e^{-(\pi \Delta L_s / L_c)^\gamma} \cos \gamma \pi \frac{\Delta L_s}{\lambda_o} \right\} \quad ( )$$

$$I_s \quad ( ) \quad \Delta L_s \gg L_c$$

$$I_{os} = \frac{1}{2} \alpha_s \cdot I_i = \frac{2}{\alpha_R} I_o \quad ( )$$

(O.F<sup>19</sup> )

$I_{os}$

(DET.2)

$\alpha_t$

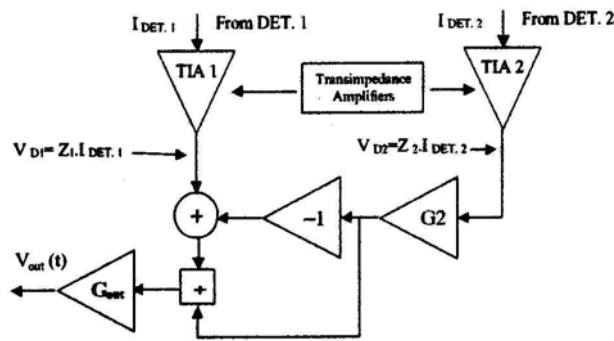
db

(DET.1)

( ) : (DET.2)

$$I'_o = \alpha_{ex} \frac{I_o}{2} \quad , \quad I'_{os} = \alpha_{ex} \frac{I_{os}}{2} = I'_o \frac{\alpha_{ex}}{\alpha_R} \quad ( )$$

O.F  $\alpha_{ex}$



) (DET.2) (DET.1)

$$(V_{D_2}, V_{D_1}) \quad (I_{DET.2}) \quad (I_{DET.1})$$

TIA<sub>2</sub> TIA<sub>1</sub>

$$V_{D_1} \quad V_{D_2} \quad Z_2, Z_1$$

$$V_{out}(t) \quad G_2$$

$$V_{out}(t) \quad G_2 = \alpha_R / \gamma \quad Z_2 = Z_1 \quad :$$

$$V_{out}(t) = \frac{G_{out}}{2} \cdot \sin \pi \frac{V(t)}{V_\pi} \quad ( )$$

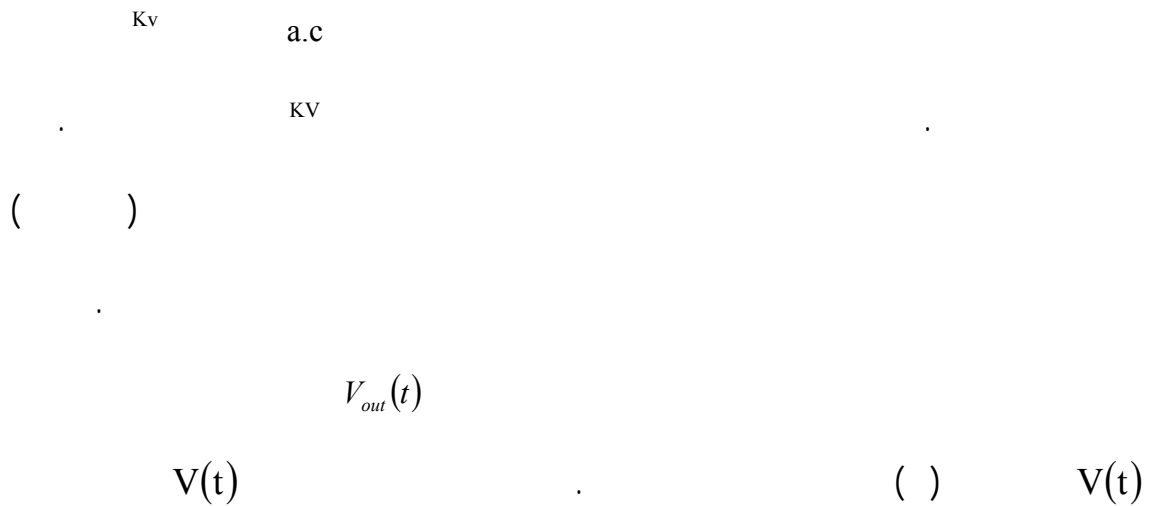
$$G_{out} V_{out}(t) = (V(t))$$

:

$$V_{out}(t) \cong \frac{G_{out}}{2} \pi \frac{V(t)}{V_{\pi}} \quad ( )$$

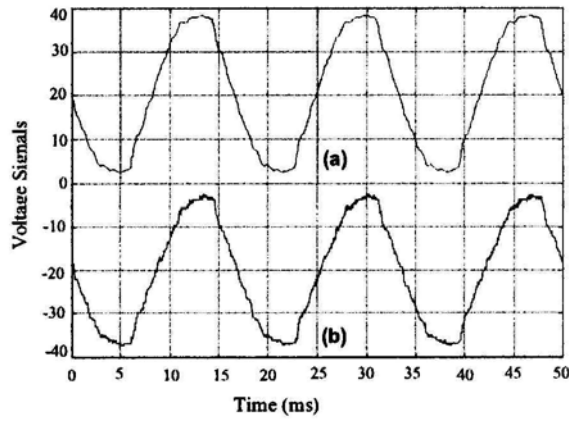
$$V(t) \ll V_{\pi}$$

### ۳-۳-۷ نتایج تجربی



(Mod. P6015-A) Tektronix

Kv



OVT (b) (a) :

$$G_{out} ( ) \quad V_{out}(t)$$

:

$$G_{out} = \frac{V_{\pi}}{500\pi} \approx 44/2 \quad ( )$$

:

$$V(t) = K.V_{out} \quad ( )$$

$$K = 1 \dots \quad ( ) \quad G_{out}$$

$$K = 1 \dots$$

$$V_{out}(t)$$

$$V_{out}(t) \quad I_{\bar{0}} \quad I_{\bar{0}}$$

$$V_{out}(t) \quad \% \quad dB$$

نتیجه‌گیری ۴-۳-۷



( )



ضمیمه ۱: تحلیل ماتریس پلاریزاسیون نور

$$V^1 = T V^0$$

$$V^n = T_n T_{n-1} \dots T_1 V^0$$

۱- بردار جونز

$$E = iE_x + jE_y$$

$$E_x = a \cos(\omega t - kz) = a \cos \varphi$$

$$E_y = b \cos(\omega t - kz + \delta) = b \cos(\varphi + \delta) \quad ( - )$$

$$V = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \text{Re} \begin{bmatrix} ae^{j\varphi} \\ be^{j(\varphi+\delta)} \end{bmatrix} \quad ( - )$$

Re

$$V = \begin{bmatrix} ae^{j\varphi} \\ be^{j(\varphi+\delta)} \end{bmatrix} = e^{j\varphi} \begin{bmatrix} a \\ be^{j\delta} \end{bmatrix} \quad ( - )$$

:  $V$

$$I = C(a^2 + b^2) \quad ( - )$$

$e^{j\varphi}$

$$C = 1$$

$$( - )$$

:

$$J = \begin{bmatrix} a \\ be^{j\delta} \end{bmatrix} \quad ( - )$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} X$$

$$\begin{bmatrix} a \\ ia \end{bmatrix}$$

## ۲- پارامترهای استوکس

$$) \quad ( - \quad )$$

$$( -$$

:

$$S_1 = a^2 - b^2 \quad ( - \quad ) \quad S_o = a^2 + b^2 \quad ( - \quad )$$

$$S_3 = 2ab \sin \delta \quad ( - \quad ) \quad S_2 = 2ab \cos \delta \quad ( - \quad )$$

$$S_o^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 \quad ( - \quad )$$

$$( - \quad )$$

$$).$$

$$($$

( - )

$[J_0 \ J_1]$	$[S_0 \ S_1 \ S_2 \ S_3]$	
-----	$[1 \ 0 \ 0 \ 0]$	
$[1 \ 0]$	$[1 \ 1 \ 0 \ 0]$	( )
$[0 \ 1]$	$[1 \ -1 \ 0 \ 0]$	( )
$\frac{\sqrt{2}}{2}[1 \ 1]$	$[1 \ 0 \ 1 \ 0]$	( ° )

### ۳- ماتریسهای جونز

$E_i$

$E_t$

$E_i$

$E_t \ E_i$

$T$

$\times$

:

$$E_t = TE_i$$

( - )

$$T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

( - )

( - )

$T$

## ۴- ماتریسهای مولر

\*

( - )

$$M_{\rho} = \begin{bmatrix} 1 & \cos 2\theta & \sin 2\theta & 0 \\ \cos 2\theta & \cos^2 2\theta & \cos 2\theta \sin 2\theta & 0 \\ \sin 2\theta & \cos 2\theta \sin 2\theta & \sin^2 2\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad ( - )$$

$$M_{\frac{\lambda}{4}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos^2 2\beta & \cos 2\beta \sin 2\beta & -\sin 2\beta \\ 0 & \cos 2\beta \sin 2\beta & \sin^2 2\beta & \cos 2\beta \\ 0 & \sin 2\beta & -\cos 2\beta & 0 \end{bmatrix} \quad ( - )$$

 $\theta$  $M_{\rho}$  $\beta$  $M_{\frac{\lambda}{4}}$

:( - )

ماتریس مولر	ماتریس جونز	عنصر نوری
$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	( )
$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	( )
$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	°
$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$	- °
$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$e^{j\frac{\pi}{4}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	
$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$e^{j\frac{\pi}{4}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	



### ۵- معرفی ماتریسهای فارادی، کروپاکلز

$$M_p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\theta_k & -\sin\theta_k \\ 0 & 0 & \sin\theta_k & \cos\theta_k \end{bmatrix} \quad ( - )$$

$\theta_k$

$\theta_p \quad \theta_k \quad M_p$

$$M_f = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_f & \sin\theta_f & 0 \\ 0 & -\sin\theta_f & \cos\theta_f & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad ( - )$$

$\theta_f$

( IEC 186 )

:

:( - )

	( )	( )	(%)	( )	
/	-	-	/		
/	-	-	/		
	-	-		--	
P	-	-V <sub>f</sub>			
P	-	-V <sub>f</sub>			