



## **ESTUDIO DE AJUSTE Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES**

**ECAP-BP-25-116-ST**

**REEMPLAZO DE PROTECCIÓN BANCO DE CONDENSADORES 13,2 kV  
SE ANGOL**

**REVISIÓN A**

**AGOSTO 2025**





Mandante	CGE Transmisión	
Consultor	BLUEPOWER	
Nombre del Estudio	ESTUDIO DE AJUSTE Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES REEMPLAZO DE PROTECCIÓN BANCO DE CONDENSADORES 13,2 kV SE ANGOL	
Versión y fecha del Estudio	Revisión A, 29 de agosto de 2025	
Realizó (BLUEPOWER)	Jorge Nahuelcheo – Carlos Mella	29/08/2025
Revisó (CGE Transmisión)		
Aprobó (CGE Transmisión)		

## ÍNDICE GENERAL

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS Y ALCANCES .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>ANTECEDENTES UTILIZADOS .....</b>	<b>7</b>
3.1.	DIAGRAMAS UNILINEALES DEL SISTEMA .....	7
3.2.	PARÁMETROS DE TRANSFORMADORES DE PODER .....	8
3.3.	CARACTERÍSTICAS BANCO DE CONDENSADORES 13,2kV .....	8
3.4.	BASE DE DATOS UTILIZADA EN EL ESTUDIO .....	8
<b>4.</b>	<b>ESCENARIOS DE OPERACIÓN.....</b>	<b>9</b>
4.1.	DEMANDA.....	9
4.2.	ESCENARIOS .....	9
4.2.1.	ESCENARIO 1 .....	9
<b>5.</b>	<b>CÁLCULO DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>10</b>
5.1.	TOPOLOGÍA 1 .....	10
<b>6.</b>	<b>AJUSTES ACTUALES DE PROTECCIONES EXISTENTES .....</b>	<b>11</b>
6.1.	ANGOL 52CT1 SOBRECORRIENTE EN 13,2 kV .....	11
<b>7.</b>	<b>CRITERIOS Y AJUSTES PROYECTADOS SE ANGOL.....</b>	<b>13</b>
7.1.	ANGOL - BANCO DE CONDENSADORES 13,2kV .....	13
7.1.1.	PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y RESIDUAL BBCC .....	13
7.1.2.	PROTECCIÓN DE SOBRE VOLTAJE BBCC .....	14
7.1.3.	PROTECCIÓN DE DESBALANCE DE NEUTRO .....	15
7.1.4.	PROTECCIÓN DE BAJO VOLTAJE BBCC .....	15
7.1.5.	BLOQUEO DE CIERRE BBCC 13,2 kV .....	15
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS DE CONTINGENCIAS INTERNAS BANCO DE CONDENSADORES .....</b>	<b>16</b>
8.1.	ESCENARIO 1 .....	16
8.1.1.	CORTOCIRCUITO EN 1 UNIDAD.....	16
8.1.2.	DESCONEXIÓN DE 1 CONDENSADOR EN FASE “A” .....	17
8.1.3.	DESCONEXIÓN DE 2 CONDENSADORES EN FASE “A” .....	18
8.1.4.	DISMINUCIÓN 50% DE CAPACITANCIA EN 1 CONDENSADOR EN FASE “A” .....	19
8.1.5.	AUMENTO 50% DE CAPACITANCIA EN 1 CONDENSADOR EN FASE “A” .....	20
<b>9.</b>	<b>VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES – FALLAS SALIDA 52CE.....</b>	<b>21</b>
9.1.	ESCENARIO 1 .....	21
9.1.1.	ANGOL 52CE.....	21
9.1.1.1.	BANCO DE CONDENSADORES.....	21
<b>10.</b>	<b>RESUMEN DE TIEMPOS DE OPERACIÓN .....</b>	<b>29</b>
10.1.	ESCENARIO 1 .....	29

---

<b>11.</b>	<b>VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES - COCI EN 1 UNIDAD DEL BBCC .....</b>	<b>30</b>
11.1.	BBCC 13,2 kV _ CORTOCIRCUITO INTERNO EN 1 CONDENSADOR FASE A.....	30
<b>12.</b>	<b>RESUMEN DE AJUSTES PROYECTADOS EN SE ANGOL .....</b>	<b>31</b>
12.1.	ANGOL - BANCO DE CONDENSADORES N°2 13,2kV.....	31
12.1.1.	PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y RESIDUAL BBCC .....	31
12.1.2.	PROTECCIÓN DE SOBRE VOLTAJE BBCC .....	32
12.1.3.	PROTECCIÓN DE DESBALANCE DE NEUTRO .....	33
12.1.4.	PROTECCIÓN DE BAJO VOLTAJE BBCC .....	34
12.1.5.	BLOQUEO DE CIERRE BBCC 13,2 kV N°2 .....	34
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama Unilineal Simplificado SE Angol .....	7
<b>Figura 2:</b> Protección 59 v/s curva de daño .....	14

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Características Transformadores 2D .....	8
<b>Tabla 3-2:</b> Características Banco de Condensadores 13,2kV .....	8
<b>Tabla 5-1:</b> Niveles de Cortocircuito Topología 1 .....	10
<b>Tabla 6-1:</b> Angol 52CT1, SEL-387, 51/51N.....	11
<b>Tabla 6-2:</b> Angol 52CT1, SEL-351A, 51/51N .....	12
<b>Tabla 12-1:</b> Angol 52CE, SEL-311C, 51/51N .....	31
<b>Tabla 12-2:</b> Angol 52CE, SEL-311C, 59.....	32
<b>Tabla 12-3:</b> Angol 52CE, SEL-311C, 59N .....	33
<b>Tabla 12-4:</b> Angol 52CE, SEL-311C, 27.....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

CGE Transmisión se encuentra desarrollando un proyecto de reemplazo del relé de protección asociado al Banco de Condensadores de 2,5 MVar conectado a la barra de 13,2kV asociada al transformador T1 66/13,2kV de SE Angol. El proyecto considera el retiro de los actuales relés electromecánicos y la instalación de un relé SEL-311C.

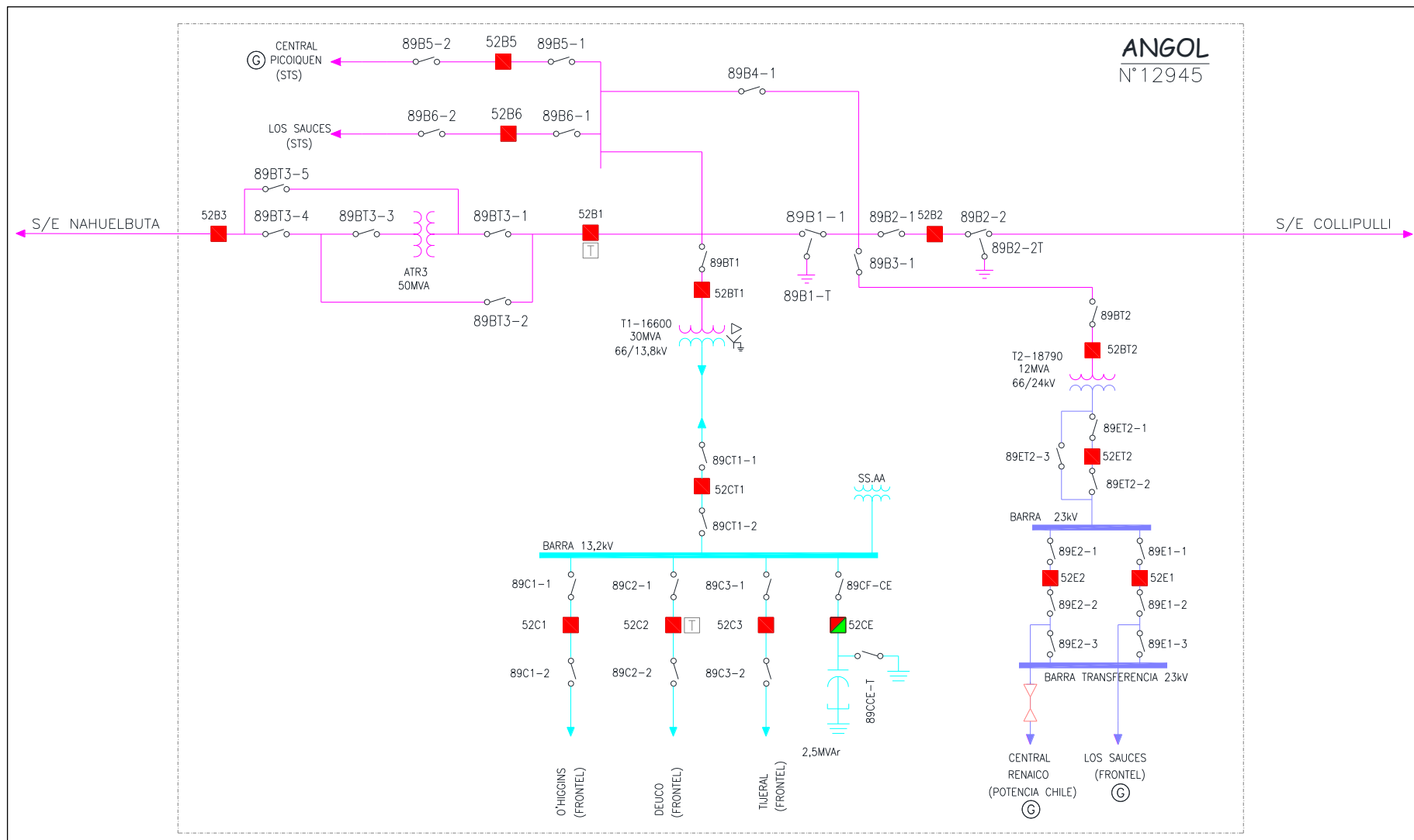
## 2. OBJETIVOS Y ALCANCES

El presente estudio tiene por objetivo proponer los ajustes que tendrá el nuevo relé SEL-311C que se instalará como protección para el banco de condensadores de 2,5 MVar en 13,2kV que se conecta a la barra de 13,2kV asociada al transformador T1 66/13,2kV de SE Angol. Este relé constará con los siguientes elementos de protección:

- Protección de sobrecorriente general de fase y residual en 13,2 kV
- Protección de sobrevoltaje del BBCC
- Protección de desbalance de neutro del BBCC
- Protección de bajo voltaje del BBCC
- Función de bloqueo de cierre del BBCC

### 3. ANTECEDENTES UTILIZADOS

#### 3.1. DIAGRAMAS UNILINEALES DEL SISTEMA



**Figura 1: Diagrama Unilineal Simplificado SE Angol**

### 3.2. PARÁMETROS DE TRANSFORMADORES DE PODER

A continuación, se resumen los parámetros de los transformadores de poder considerados:

**Tabla 3-1:** Características Transformadores 2D

Transformador	Conexión	Potencia [MVA]	Tensiones Nominales		Impedancia Z1		Impedancia Z0	
			Voltaje HV [kV]	Voltaje LV [kV]	Z1 [%]	Potencia Base [MVA]	Z0 [%]	Potencia Base [MVA]
Angol T1 69/15,3 kV 18-30 MVA	Dyn1	18-30	69	15,3	9,68	18	10,41	18
Angol T2 66/24 kV 10-12 MVA	Dyn1	10-12	66	24	8,34	10	8,21	10

### 3.3. CARACTERÍSTICAS BANCO DE CONDENSADORES 13,2kV

**Tabla 3-2:** Características Banco de Condensadores 13,2kV

Características Banco de Condensadores	
Tensión Nominal	13,2 kV
MVAr	2,5 MVAr
Unidades por Fase	5
Unidades totales	15
Configuración	Estrella con neutro flotante
MVAr por unidad	208 kVAr
Fusible individual por unidad	25T
Razón de TTCC BBCC	1000/5
Razón TTPP Barra 13,2 kV	8400/120
Razón TTPP Neutro	8400/120
<b>Relé de Protección Proyectoado</b>	<b>SEL-311C</b>

### 3.4. BASE DE DATOS UTILIZADA EN EL ESTUDIO

La base de datos utilizada en el estudio corresponde a la preparada por el COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL con fecha de publicación el mes de julio de 2025.

Para el desarrollo de la base de datos **PowerFactory DigSILENT**, la obtención de los tiempos de operación de las protecciones y para asegurar una correcta operación de los relés de protección, se utilizó la versión **PF2022 con Service Pack SP9**. El uso de versiones diferentes y/o de otros Service Pack podría afectar el correcto funcionamiento de los relés.



---

## **4. ESCENARIOS DE OPERACIÓN**

### **4.1. DEMANDA**

Se considera un escenario de Demanda Alta en día laboral, de acuerdo con la base de datos DlgSILENT del Coordinador Eléctrico Nacional del mes de julio de 2025.

### **4.2. ESCENARIOS**

#### **4.2.1. ESCENARIO 1**

- Configuración normal.
- S/E Angol alimentada en forma radial desde S/E Collipulli.

## 5. CÁLCULO DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO

A continuación, se presentan los niveles de cortocircuito obtenidos en las barras de interés según los escenarios de operación analizados. Los niveles de cortocircuito fueron obtenidos mediante el método "IEC Max. Short-Circuit Currents" de DigSILENT PowerFactory 2022.

### 5.1. TOPOLOGÍA 1

**Tabla 5-1: Niveles de Cortocircuito Topología 1**

Barra	Vn	3F	2F		2F-T R = 0 ohm			2F-T R = 25 ohm			2F-T R = 50 ohm			1F R = 0 ohm		1F R = 25 ohm		1F R = 50 ohm	
		Ik"	Ik" B	Ik" C	Ik" B	Ik" C	3*I0	Ik" B	Ik" C	3*I0	Ik" B	Ik" C	3*I0	Ik" A	3*I0	Ik" A	3*I0	Ik" A	3*I0
		kV	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
Angol 66 kV	66	2,297	1,785	1,785	2,127	2,256	2,340	1,220	1,212	1,276	0,739	0,729	0,755	2,089	2,089	1,200	1,200	0,731	0,731
Angol 13,2 kV	13,2	3,935	3,252	3,252	4,134	4,407	5,374	0,335	0,328	0,334	0,168	0,166	0,167	4,340	4,340	0,332	0,332	0,167	0,167

## 6. AJUSTES ACTUALES DE PROTECCIONES EXISTENTES

A continuación, se presentan los ajustes actuales de las protecciones del sistema eléctrico del entorno que han sido consideradas en la verificación de coordinación de protecciones y que se mantienen sin cambios de ajustes.

### 6.1. ANGOL 52CT1 SOBRECORRIENTE EN 13,2 kV

*Tabla 6-1: Angol 52CT1, SEL-387, 51/51N*

Ajuste Actual			
S/E ANGOL			
52CT1			
Relé	SEL-387		
TT/CC	1600 / 5	CTR = 320	
Sobrecorriente de Fase			
Elemento de Tiempo Inverso			
Pickup	4,25	[A-sec]	1360 [A-prim]
Curva	U1		
Lever	1,40		
Torque	1		
Sobrecorriente Residual			
Elemento de Tiempo Inverso			
Pickup	0,50	[A-sec]	160 [A-prim]
Curva	C1		
Lever	0,53		
Torque	1		
Elemento de Tiempo Definido			
Pickup	0,42	[A-sec]	134,4 [A-prim]
Tiempo	250,00	[ciclos]	5 [s]
Torque	1		
Reconexión			
Nº de Reconexiones	Sin reconexión		
Tiempo de Reconex.	--		
Tiempo de Reset	--		
TRIP			
TRIP	51P2T + 51N2T + 50N21T		

**Tabla 6-2: Angol 52CT1, SEL-351A, 51/51N**

Ajuste Actual			
S/E ANGOL			
52CT1			
Relé		SEL-351A	
TT/CC	1600 / 5	CTR =	320
T/C Neutro	1450 / 5	CTR =	290
Sobrecorriente de Fase			
Elemento de Tiempo Inverso			
Pickup	4,25	[A-sec]	1360 [A-prim]
Curva	U1		
Lever	1,40		
Torque	1		
Sobrecorriente Residual			
Elemento de Tiempo Inverso 51G			
Pickup	0,50	[A-sec]	160 [A-prim]
Curva	C1		
Lever	0,53		
Torque	1		
Elemento de Tiempo Definido 67G			
Pickup	0,42	[A-sec]	134,4 [A-prim]
Tiempo	250,00	[ciclos]	5 [s]
Torque	1		
Sobrecorriente Residual de Neutro			
Elemento de Tiempo Inverso 51N			
Pickup	0,55	[A-sec]	159,5 [A-prim]
Curva	C1		
Lever	0,53		
Torque	1		
Elemento de Tiempo Definido 67N			
Pickup	0,46	[A-sec]	133,4 [A-prim]
Tiempo	250,00	[ciclos]	5 [s]
Torque	1		
Reconexión			
Nº de Reconexiones	Sin reconexión		
Tiempo de Reconex.	--		
Tiempo de Reset	--		
TRIP			
TRIP	51PT + 51GT + 67G1T + 51NT + 67N1T		

## **7. CRITERIOS Y AJUSTES PROYECTADOS SE ANGOL**

### **7.1. ANGOL - BANCO DE CONDENSADORES 13,2kV**

Para la protección del banco de condensadores, los ajustes a especificar consideran los siguientes elementos de protección:

- Protección de sobrecorriente general de fase y residual en 13,2 kV
- Protección de sobrevoltaje en 13,2 kV
- Protección de desbalance de neutro del BBCC
- Protección de bajovoltaje en 13,2 kV
- Función de bloqueo de cierre

#### **7.1.1. PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y RESIDUAL BBCC**

La protección de sobrecorriente debe permitir la operación normal del BBCC, manteniendo coordinación con el interruptor general del paño CT1 de Angol y con los fusibles 25T individuales de cada unidad del banco de condensadores.

El pickup de fase se ajustará a un 125% de la corriente nominal del BBCC, para una potencia total de 2,5 MVAR, de acuerdo con los criterios entregados por la norma IEEE Std C37.99-2000 "IEEE Guide for the Protection of Shunt Capacitor Banks" para bancos de condensadores con conexión en estrella y aislados de tierra.

El pickup residual se especificará de acuerdo con lo indicado en la norma IEEE Std C37.99-2000, en la cual se recomienda ajustarlo a un valor bajo, a fin de detectar y proveer un rápido despeje a las fallas a tierra de bajas magnitudes y que no sean vistas por los elementos de sobrecorriente de fase.

## 7.1.2. PROTECCIÓN DE SOBRE VOLTAJE BBCC

Según IEEE Std C37.99-2000 un banco de CCEE no puede exceder en forma permanente un 110% de su tensión nominal. De acuerdo con esta información, se seleccionan dos escalones de sobretensión de tiempo definido que estén bajo la característica tiempo – tensión indicada. Esta función será monofásica, es decir con una o más fases con sobretensión se producirá la orden de apertura.

### Primer escalón de sobretensión:

El primer escalón de sobrevoltaje se ajustará a un 108 % de la tensión nominal de la barra de 13,2 kV. Su tiempo de operación será retardado a fin de priorizar la regulación de voltaje el CDBC del Transformador de Poder. Por lo tanto, para el primer escalón de sobretensión se elige una temporización de 200 [s].

### Segundo escalón de sobretensión:

Se selecciona un segundo escalón ajustado al 110% de la tensión nominal del Banco de Condensadores. Se considera que tal sobretensión es completamente anormal en el sistema y no se espera la entrega de reactivos en tal caso. Además, es deseable que ante esta situación se desconecte el banco de CCEE para disminuir en alguna medida la sobretensión.

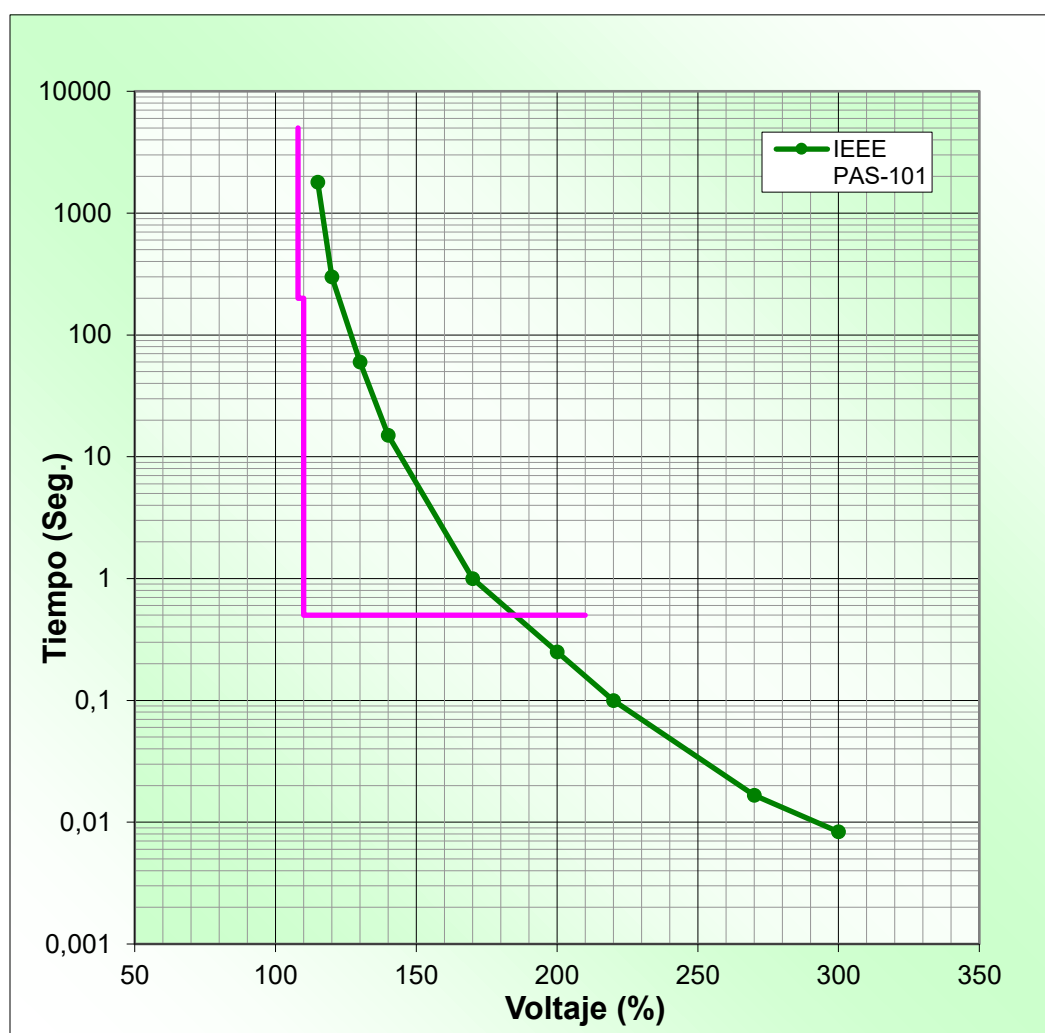


Figura 2: Protección 59 v/s curva de daño

### 7.1.3. PROTECCIÓN DE DESBALANCE DE NEUTRO

La finalidad de esta función es proteger el BBCC ante las sobretensiones a las que quedan sometidas las unidades del banco ante la ocurrencia de falla de alguna de ellas.

De acuerdo con los análisis de contingencia efectuados en el presente estudio, la mayor tensión de desbalance se produce ante un cortocircuito en una unidad del BBCC, llegando a tensiones superiores a 7,96 kV.

Ahora bien, se adoptará como criterio de ajuste la desconexión del banco de condensadores al ocurrir la apertura de 1 elemento fusible, situación en la cual el voltaje de desbalance mínimo observada es de 0,54 kV.

### 7.1.4. PROTECCIÓN DE BAJO VOLTAJE BBCC

La finalidad de esta protección es que el banco de condensadores salga de servicio cuando se pierde el suministro desde el sistema aguas arriba. Además, no debe operar cuando una o más fases caen momentáneamente por alguna falla externa que es despejada por otros equipos de protección, esto se logra dando un adecuado margen de tiempo a esta función de baja tensión 27. Esta función será trifásica, es decir las tres fases deben estar bajo el pickup para que opere.

Para la especificación de este ajuste, se considerará la activación del elemento de bajo voltaje cuando la tensión sea inferior al 50 % de la tensión nominal.

### 7.1.5. BLOQUEO DE CIERRE BBCC 13,2 kV

Con el objetivo de brindar seguridad ante un cierre del interruptor asociado al banco de CCEE, se recomienda implementar un Bloqueo de Cierre por 10 minutos a partir de apertura con tensión del banco.

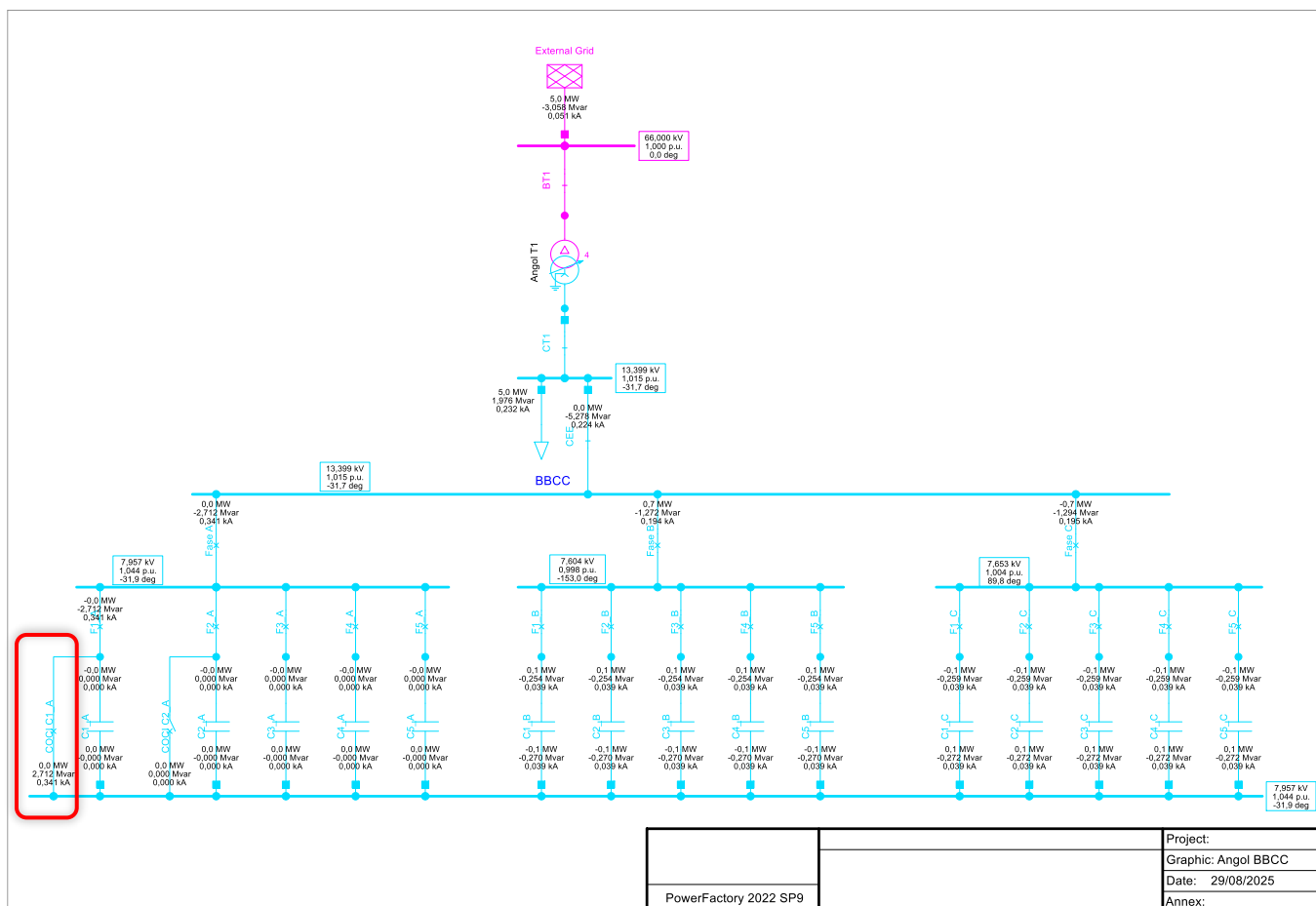
Se sugiere la siguiente lógica de ajustes para esta función de bloqueo:

- $SV5 = !3P27 * TRIP$
- $SV5PU = 0$  [ciclos]
- $SV5DO = 30000$  [ciclos]
- $CL = (... + CC) AND * !SV5T$

## 8. ANÁLISIS DE CONTINGENCIAS INTERNAS BANCO DE CONDENSADORES

### 8.1. ESCENARIO 1

#### 8.1.1. CORTOCIRCUITO EN 1 UNIDAD



Condición	Ia	Ib	Ic	Va (kV)		Vb (kV)		Vc (kV)		Vn-f (kV)		Va-nf (kV)		Vb-nf (kV)		Vc-nf (kV)	
				Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng
COCI a-nf	341	194	195	7,957	-31,89	7,604	-153,02	7,653	89,85	7,957	-31,89	0,000	#DIV/0!	13,553	176,81	13,636	119,60

#### Sobretensión en Condensadores (% de la Tensión Nominal)

Fase A	Fase B	Fase C
0%	178%	179%

**Nota:** "Vn-f" corresponde a la tensión entre el neutro flotante del BBCC y el neutro del sistema.

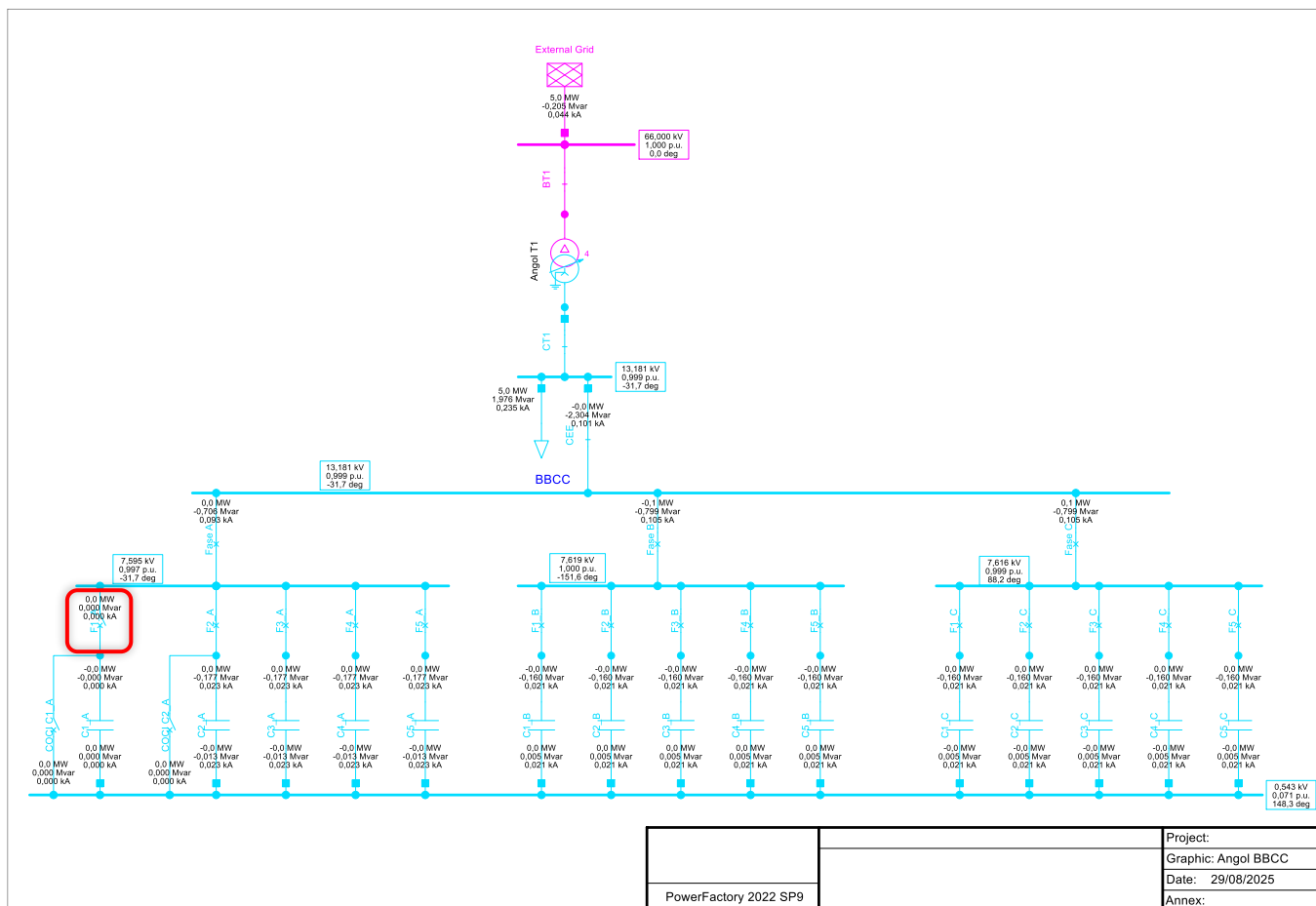
"Va-nf" corresponde a la tensión entre la fase "a" y el neutro flotante del BBCC.

"Vb-nf" corresponde a la tensión entre la fase "b" y el neutro flotante del BBCC.

"Vc-nf" corresponde a la tensión entre la fase "c" y el neutro flotante del BBCC.



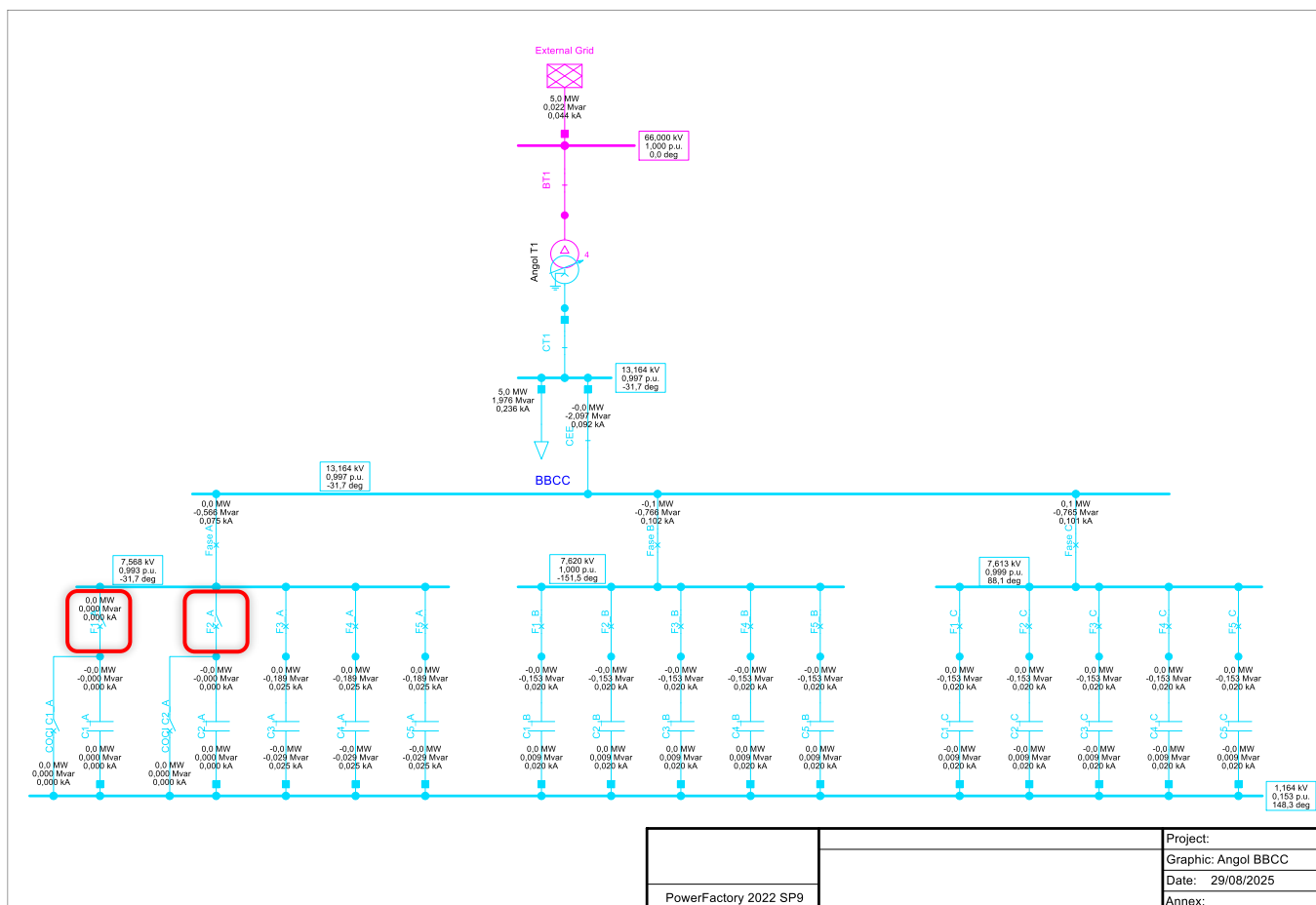
## 8.1.2. DESCONEXIÓN DE 1 CONDENSADOR EN FASE "A"



Condición	Ia	Ib	Ic	Va (kV)		Vb (kV)		Vc (kV)		Vn-f (kV)		Va-nf (kV)		Vb-nf (kV)		Vc-nf (kV)		Sobretensión en Condensadores (% de la Tensión Nominal)		
				Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Fase A	Fase B	Fase C
Apertura 1F	93	105	105	7,595	-31,67	7,619	-151,60	7,616	88,21	0,543	148,33	8,138	-31,67	7,363	-147,93	7,361	84,54	107%	97%	97%

**Nota:** "Vn-f" corresponde a la tensión entre el neutro flotante del BBCC y el neutro del sistema.  
 "Va-nf" corresponde a la tensión entre la fase "a" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vb-nf" corresponde a la tensión entre la fase "b" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vc-nf" corresponde a la tensión entre la fase "c" y el neutro flotante del BBCC.

### 8.1.3. DESCONEXIÓN DE 2 CONDENSADORES EN FASE "A"

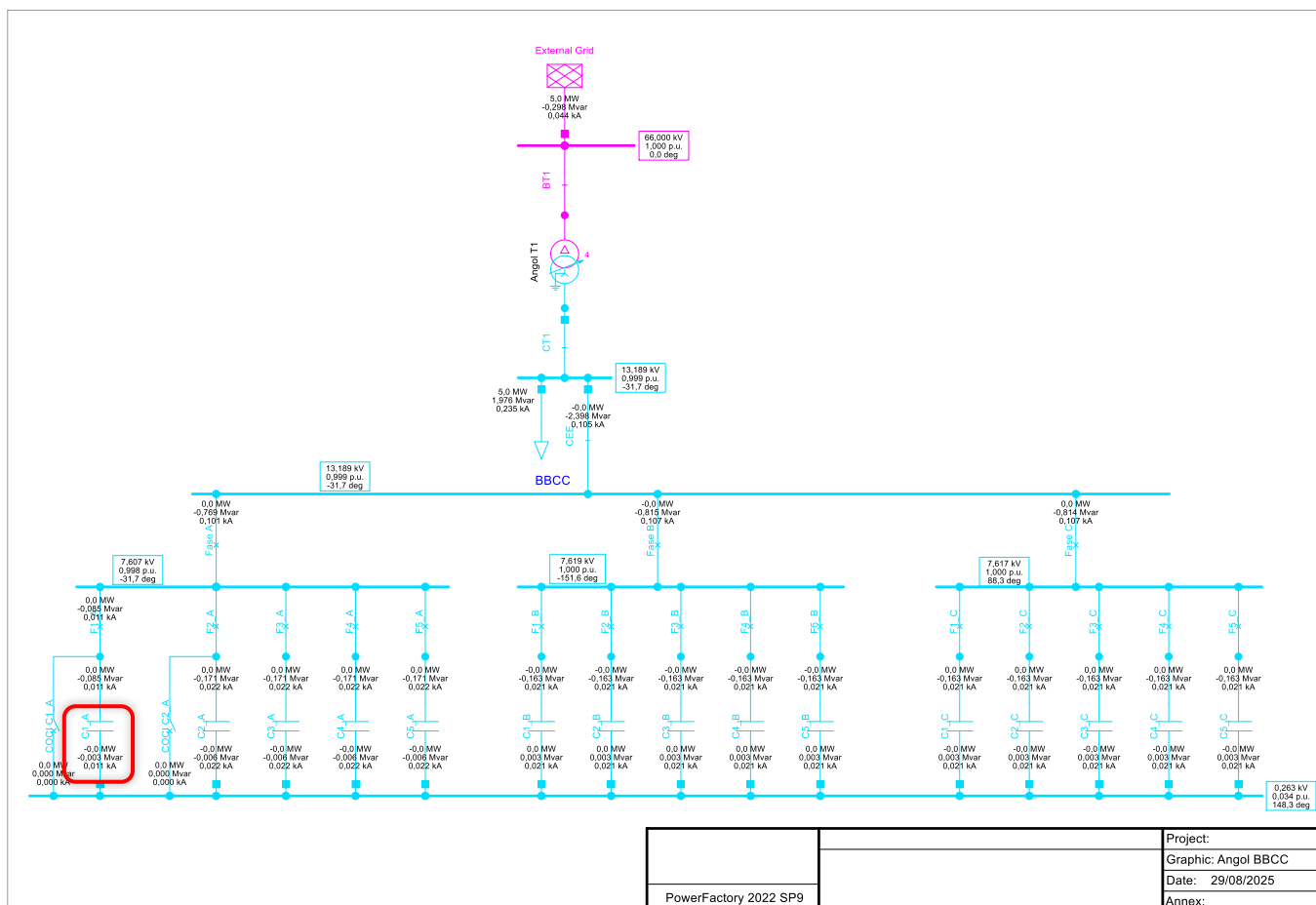


Condición	Ia	Ib	Ic	Va (kV)		Vb (kV)		Vc (kV)		Vn-f (kV)		Va-nf (kV)		Vb-nf (kV)		Vc-nf (kV)	
				Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng
Apertura 2F	75	102	101	7,568	-31,66	7,620	-151,49	7,613	88,09	1,164	148,34	8,732	-31,66	7,113	-143,33	7,108	79,91

Sobretensión en Condensadores (% de la Tensión Nominal)		
Fase A	Fase B	Fase C
115%	93%	93%

**Nota:** "Vn-f" corresponde a la tensión entre el neutro flotante del BBCC y el neutro del sistema.  
 "Va-nf" corresponde a la tensión entre la fase "a" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vb-nf" corresponde a la tensión entre la fase "b" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vc-nf" corresponde a la tensión entre la fase "c" y el neutro flotante del BBCC.

## 8.1.4. DISMINUCIÓN 50% DE CAPACITANCIA EN 1 CONDENSADOR EN FASE "A"

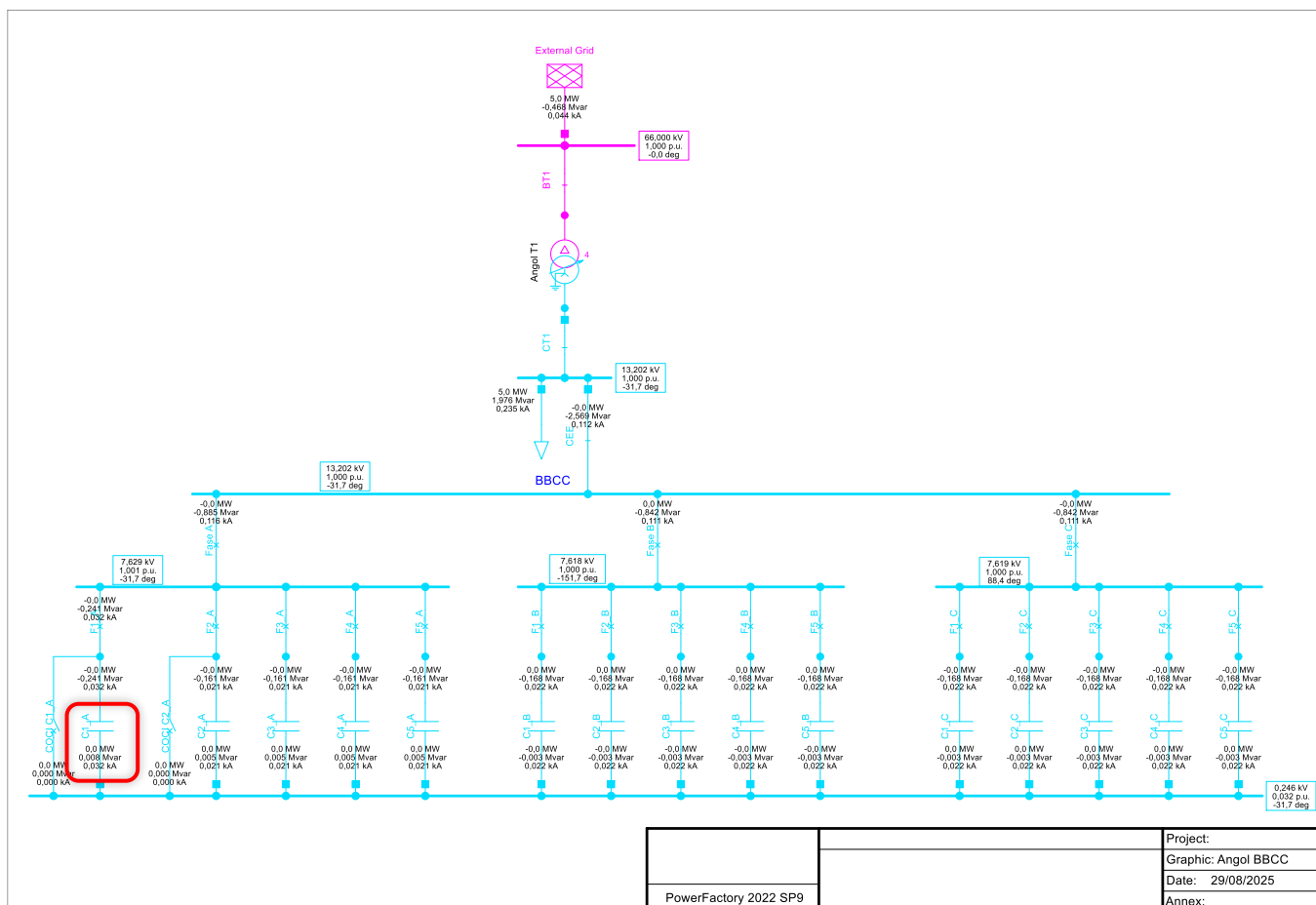


Condición	Ia	Ib	Ic	Va (kV)		Vb (kV)		Vc (kV)		Vn-f (kV)		Va-nf (kV)		Vb-nf (kV)		Vc-nf (kV)	
				Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng
Disminución 50% en 1C	101	107	107	7,607	-31,68	7,619	-151,64	7,617	88,26	0,263	148,32	7,870	-31,68	7,491	-149,90	7,489	86,52

Sobretensión en Condensadores (% de la Tensión Nominal)		
Fase A	Fase B	Fase C
103%	98%	98%

**Nota:** "Vn-f" corresponde a la tensión entre el neutro flotante del BBCC y el neutro del sistema.  
 "Va-nf" corresponde a la tensión entre la fase "a" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vb-nf" corresponde a la tensión entre la fase "b" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vc-nf" corresponde a la tensión entre la fase "c" y el neutro flotante del BBCC.

## 8.1.5. AUMENTO 50% DE CAPACITANCIA EN 1 CONDENSADOR EN FASE "A"



Condición	Ia	Ib	Ic	Va (kV)		Vb (kV)		Vc (kV)		Vn-f (kV)		Va-nf (kV)		Vb-nf (kV)		Vc-nf (kV)	
				Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng	Mód	Áng
Aumento 50% en 1C	116	111	111	7,629	-31,69	7,618	-151,73	7,619	88,36	0,246	-31,69	7,383	-31,69	7,744	-153,30	7,745	89,94

Sobretensión en Condensadores (% de la Tensión Nominal)		
Fase A	Fase B	Fase C
97%	102%	102%

**Nota:** "Vn-f" corresponde a la tensión entre el neutro flotante del BBCC y el neutro del sistema.  
 "Va-nf" corresponde a la tensión entre la fase "a" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vb-nf" corresponde a la tensión entre la fase "b" y el neutro flotante del BBCC.  
 "Vc-nf" corresponde a la tensión entre la fase "c" y el neutro flotante del BBCC.

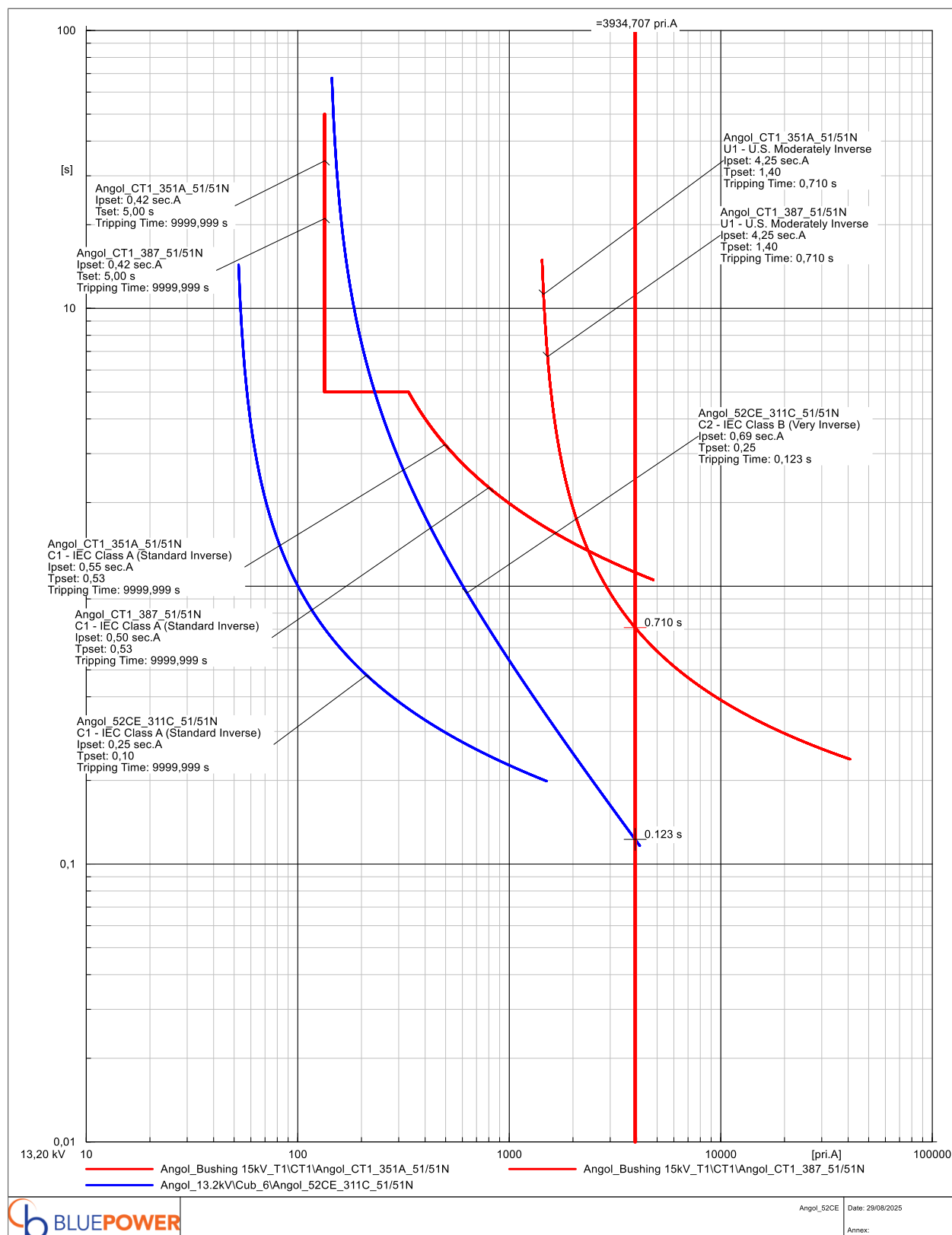
## 9. VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES – FALLAS SALIDA 52CE

### 9.1. ESCENARIO 1

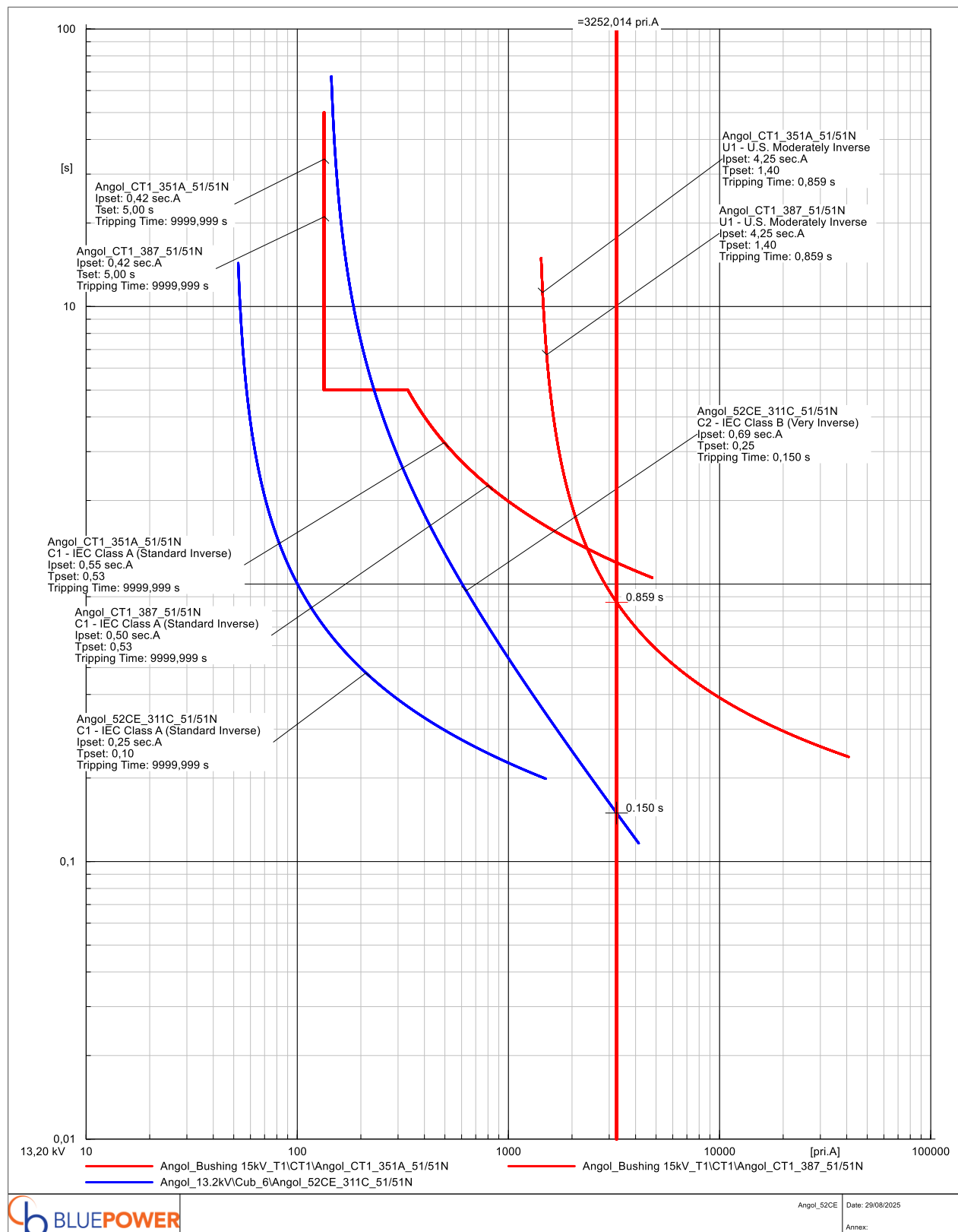
#### 9.1.1. ANGOL 52CE

##### 9.1.1.1. BANCO DE CONDENSADORES

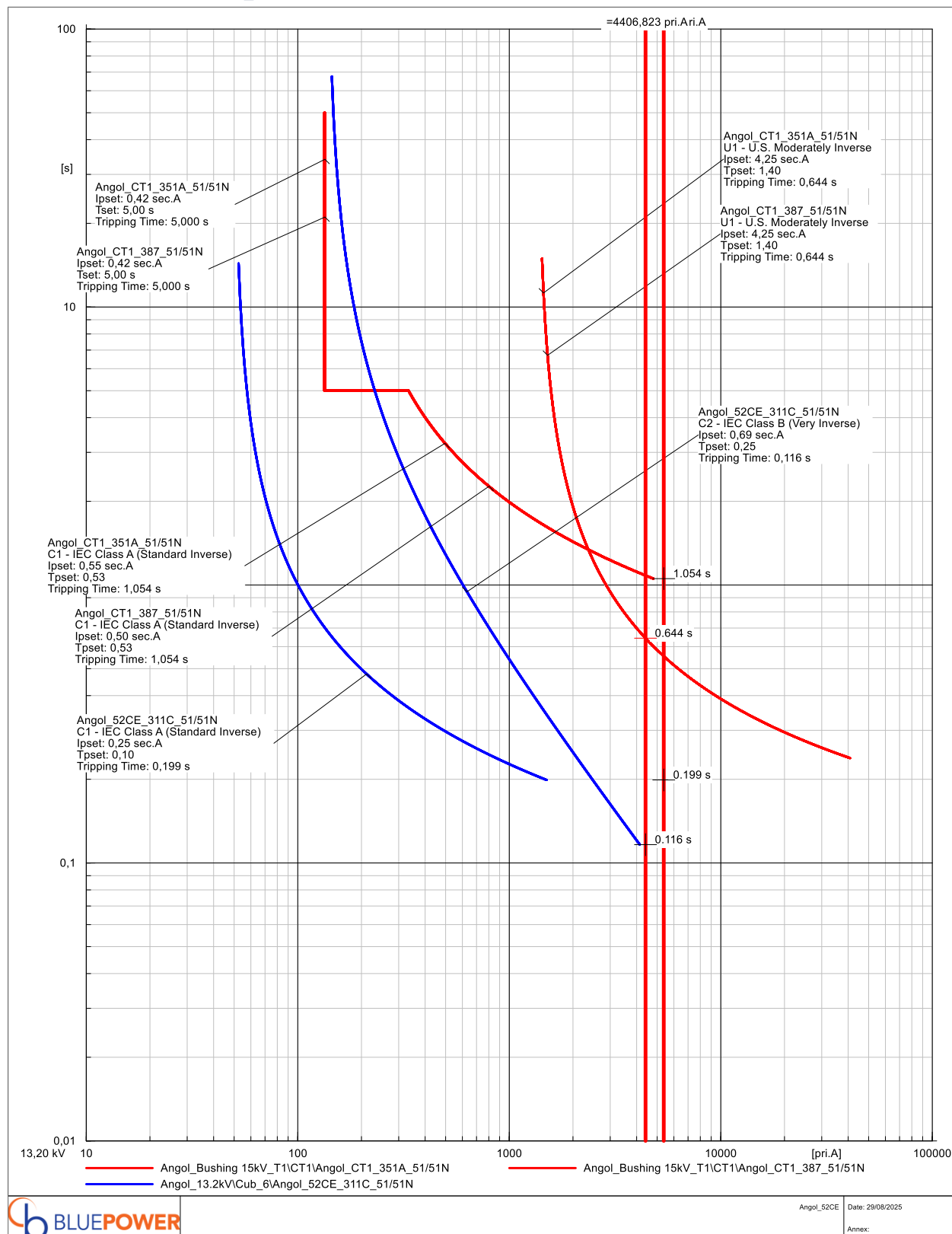
##### 9.1.1.1.1. FALLA 3F - BANCO DE CONDENSADORES



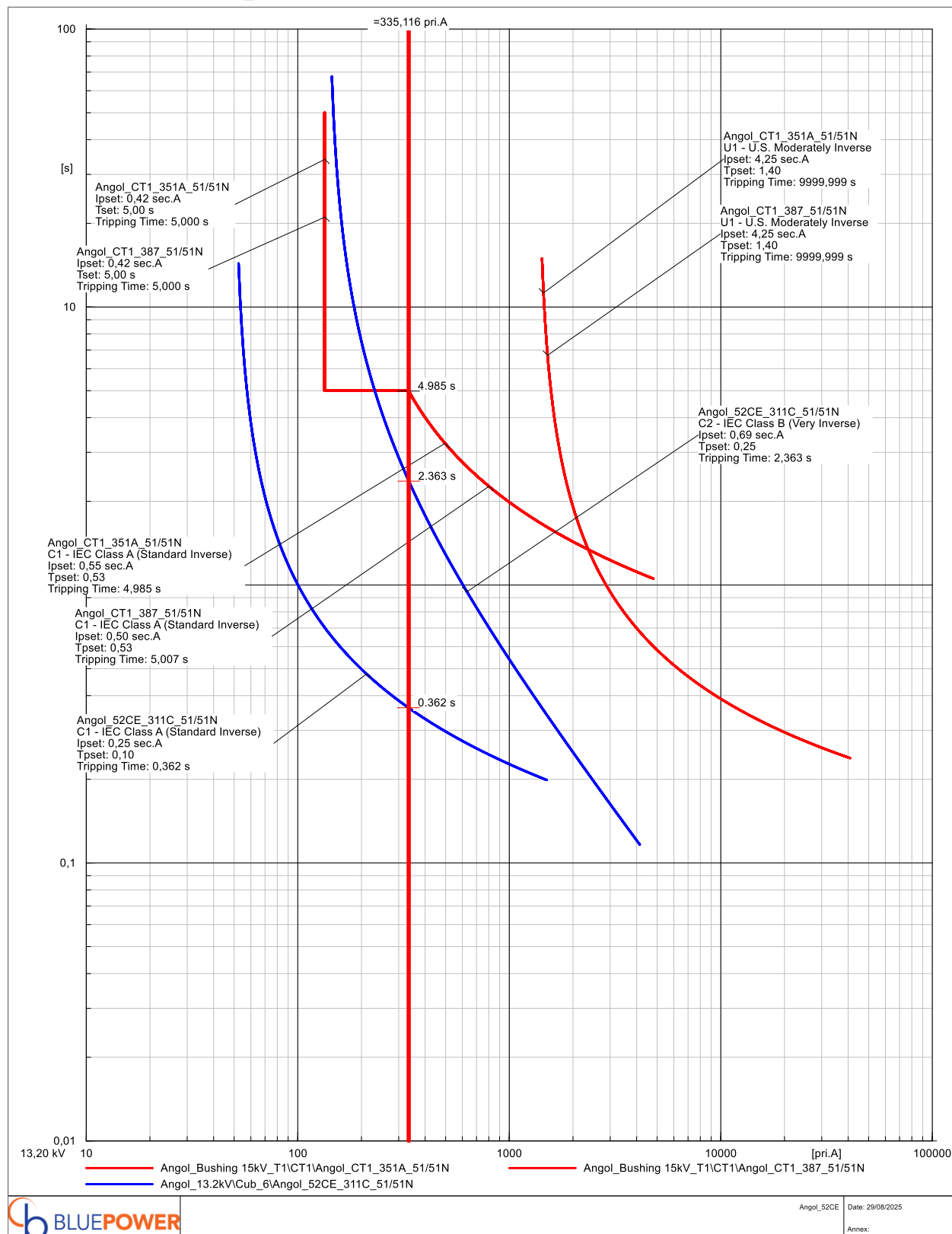
### 9.1.1.1.2. FALLA 2F - BANCO DE CONDENSADORES



### 9.1.1.1.3. FALLA 2F\_T - BANCO DE CONDENSADORES

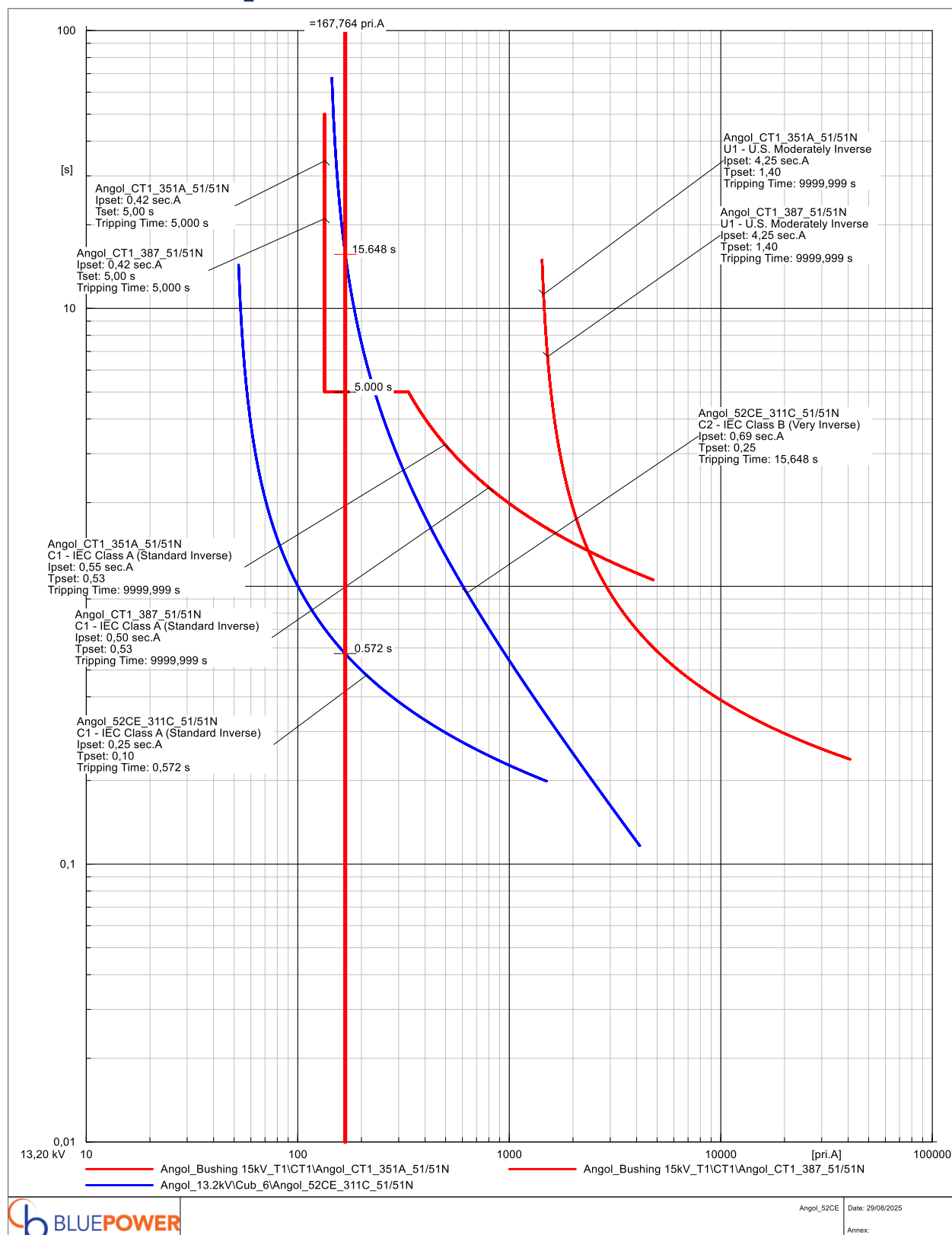


#### 9.1.1.1.4. FALLA 2F\_TR25 - BANCO DE CONDENSADORES

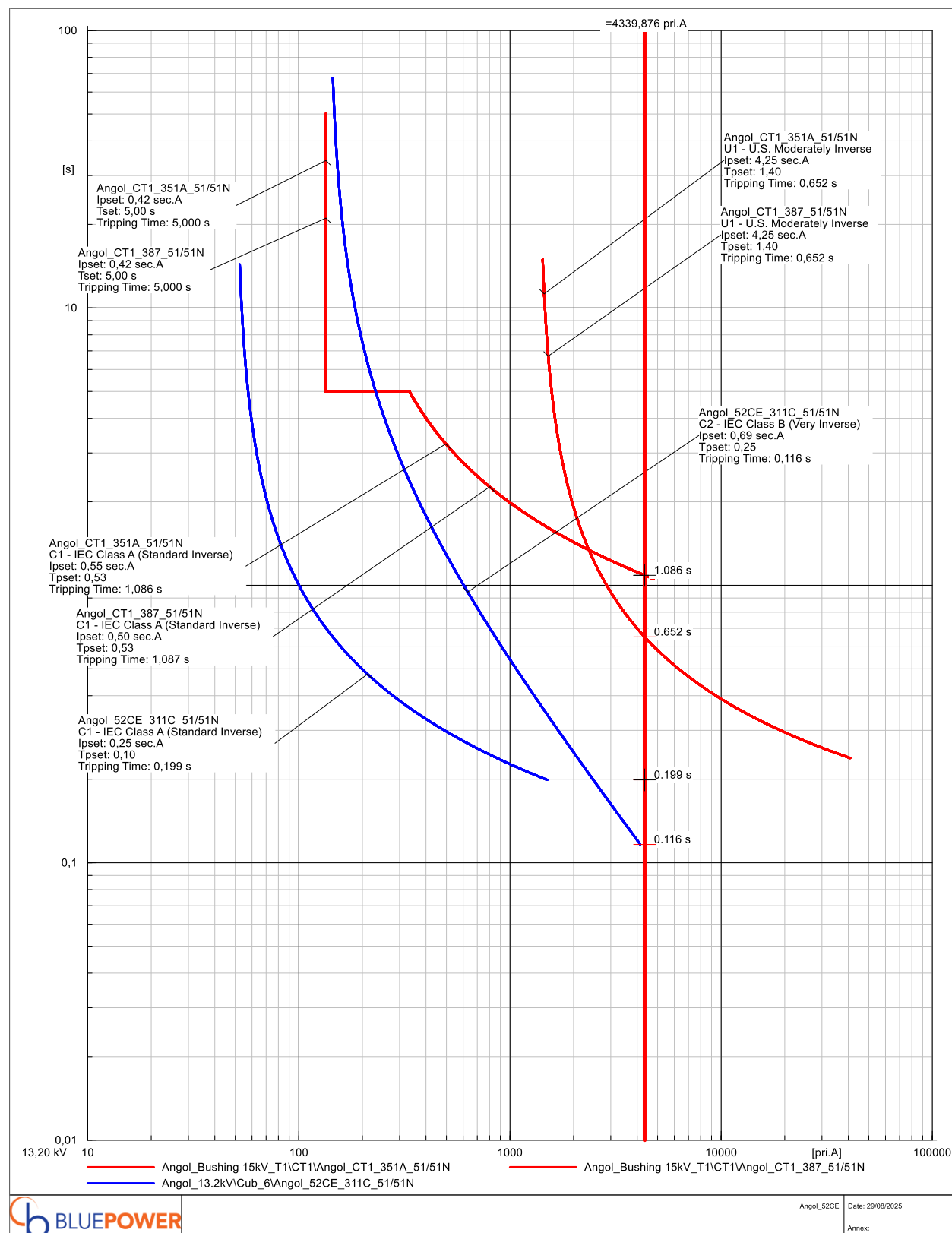




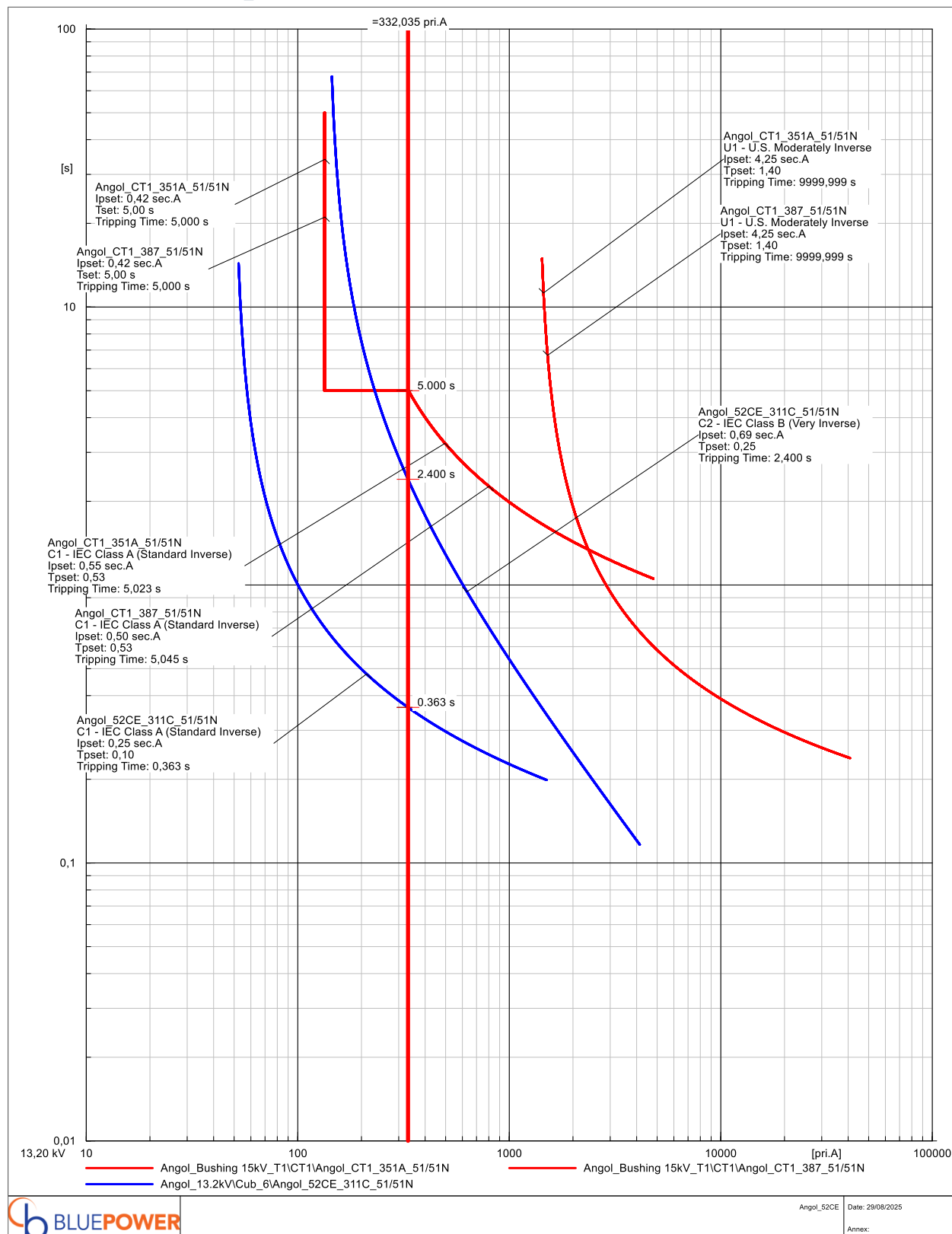
### 9.1.1.1.5. FALLA 2F\_TR50 - BANCO DE CONDENSADORES



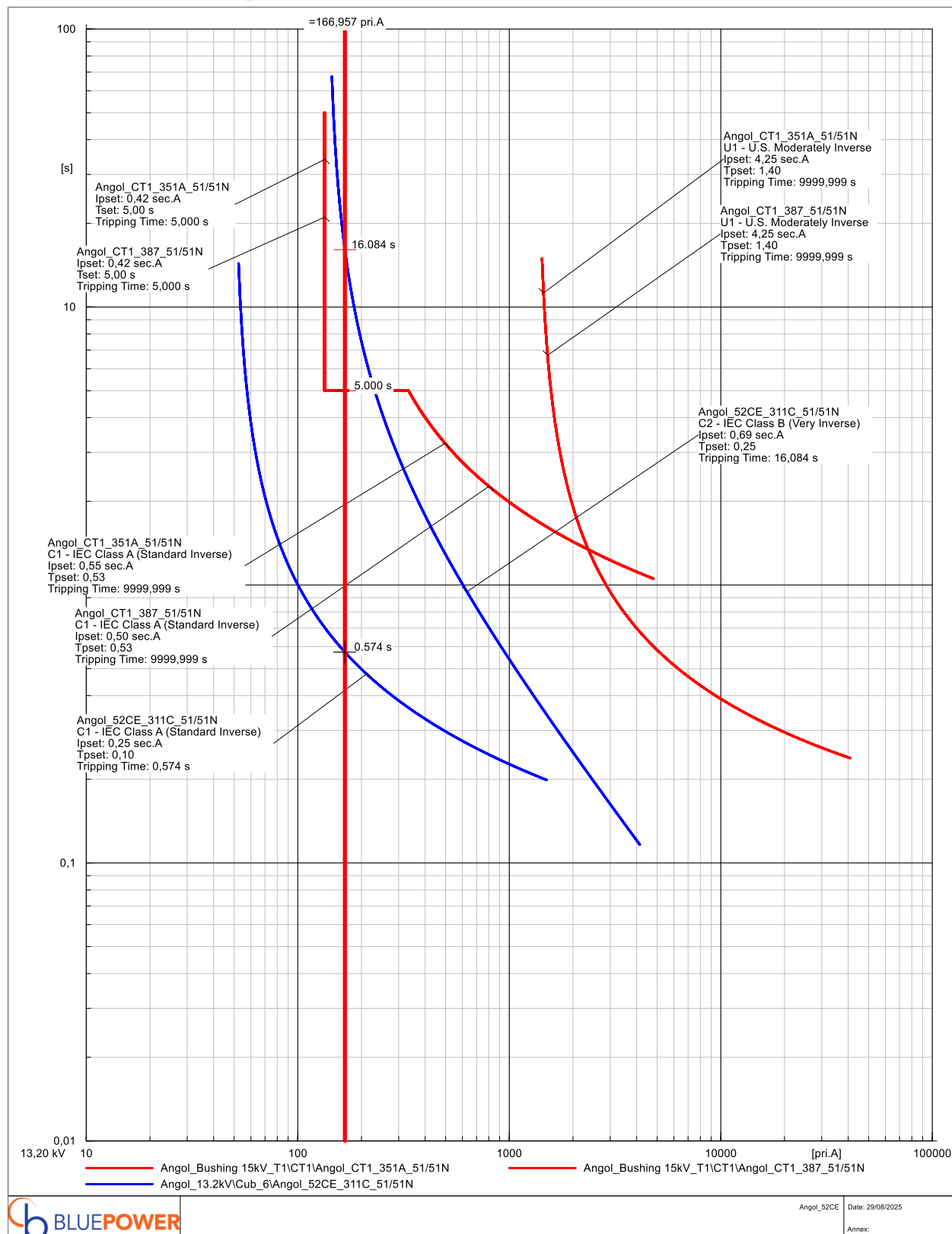
# 9.1.1.1.6. FALLA 1F - BANCO DE CONDENSADORES



### 9.1.1.1.7. FALLA 1F\_R25 - BANCO DE CONDENSADORES



### 9.1.1.1.8. FALLA 1F\_R50 - BANCO DE CONDENSADORES



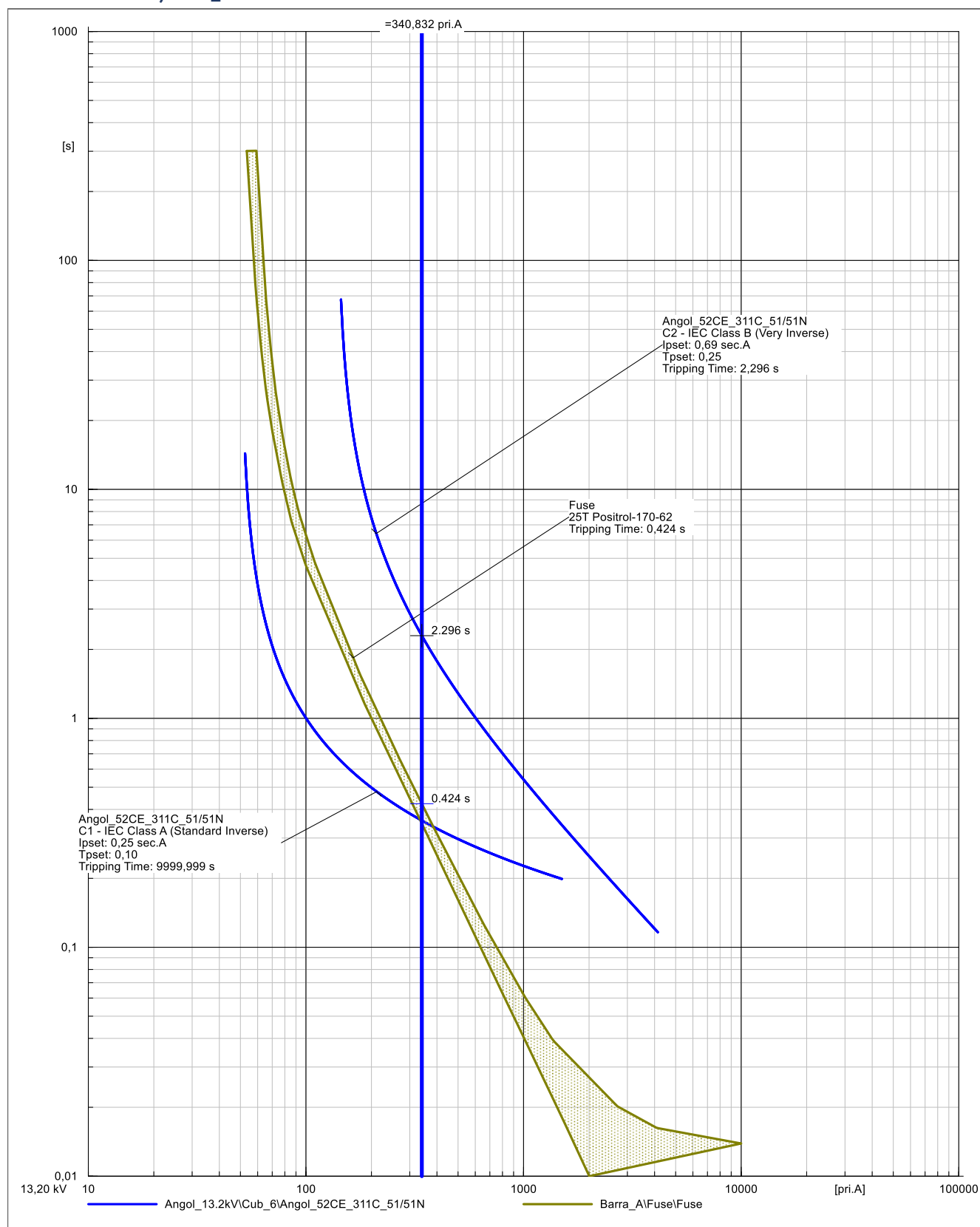
## 10. RESUMEN DE TIEMPOS DE OPERACIÓN

### 10.1. ESCENARIO 1

Punto de Falla:		Tipo de Falla															
Aguas abajo del paño 52CE		3F		2F		2F_T		2F_T_R25		2F_T_R50		1F		1F_R25		1F_R50	
Protección	NEMA	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]	Top [s]	lop [A]
Angol_CT1_351A_51/51N	51P	0,710	3934,7	0,859	3252,0	0,644	4406,8	--	335,1	--	167,8	0,652	4339,9	--	332,0	--	167,0
	51N	--	0,0	--	0,0	1,054	5373,7	4,985	333,9	--	167,4	1,086	4339,9	5,023	332,0	--	167,0
	51G	--	0,0	--	0,0	1,054	5373,7	5,007	333,9	--	167,4	1,087	4339,9	5,045	332,0	--	167,0
	67N1	--	0,0	--	0,0	5,000	5373,7	5,000	333,9	5,000	167,4	5,000	4339,9	5,000	332,0	5,000	167,0
	67G1	--	0,0	--	0,0	5,000	5373,7	5,000	333,9	5,000	167,4	5,000	4339,9	5,000	332,0	5,000	167,0
Angol_CT1_387_51/51N	51P	0,710	3934,7	0,859	3252,0	0,644	4406,8	--	335,1	--	167,8	0,652	4339,9	--	332,0	--	167,0
	51G	--	0,0	--	0,0	1,054	5373,7	5,007	333,9	--	167,4	1,087	4339,9	5,045	332,0	--	167,0
	67G1	--	0,0	--	0,0	5,000	5373,7	5,000	333,9	5,000	167,4	5,000	4339,9	5,000	332,0	5,000	167,0
Angol_52CE_311C_51/51N	51P	0,123	3934,7	0,150	3252,0	0,116	4406,8	2,363	335,1	15,648	167,8	0,116	4339,9	2,400	332,0	16,084	167,0
	51G	--	0,0	--	0,0	0,199	5373,7	0,362	333,9	0,572	167,4	0,199	4339,9	0,363	332,0	0,574	167,0

## 11. VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES - COCI EN 1 UNIDAD DEL BBCC

### 11.1. BBCC 13,2 kV \_ CORTOCIRCUITO INTERNO EN 1 CONDENSADOR FASE A



## 12. RESUMEN DE AJUSTES PROYECTADOS EN SE ANGOL

### 12.1. ANGOL - BANCO DE CONDENSADORES N°2 13,2kV

#### 12.1.1. PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y RESIDUAL BBCC

*Tabla 12-1: Angol 52CE, SEL-311C, 51/51N*

Ajuste Propuesto			
ANGOL			
52CE			
Relé	SEL-311C		
TT/CC	1000 / 5	CTR = 200	
TT/PP Barra	8400 / 120	PTR = 70	
TP Neutro BBCC	8400 / 120	PTRS = 70	
Sobrecorriente de Fase			
Elemento de Tiempo Inverso			
Pickup	0,69	[A-sec]	138 [A-prim]
Curva	C2		
Lever	0,25		
Sumador	--		
Dirección	--		
Elemento de Tiempo Definido			
Pickup	--		
Tiempo	--		
Dirección	--		
Sobrecorriente Residual			
Elemento de Tiempo Inverso			
Pickup	0,25	[A-sec]	50 [A-prim]
Curva	C1		
Lever	0,10		
Sumador	--		
Dirección	--		
Elemento de Tiempo Definido			
Pickup	--		
Tiempo	--		
Dirección	--		
TRIP			
TR	... + 51PT + 51GT		

## 12.1.2. PROTECCIÓN DE SOBRE VOLTAJE BBCC

Tabla 12-2: Angol 52CE, SEL-311C, 59

Ajuste Propuesto			
ANGOL			
52CE			
Relé	SEL-311C		
TT/CC	1000 / 5	CTR = 200	
TT/PP Barra	8400 / 120	PTR = 70	
TP Neutro BBCC	8400 / 120	PTRS = 70	
Protección de Sobretensión 59			
Primer Escalón (F-N)			
59P	117,58	[V-sec]	8230,6 [V-prim]
SV1	(59A+59B+59C)*52A		
SV1PU	10000,00	[ciclos]	200 [s]
SV1DO	9,00	[ciclos]	0,18 [s]
Segundo Escalón (F-F)			
59PP	207,43	[V-sec]	14520,1 [V-prim]
SV2	(59AB+59BC+59CA)*52A		
SV2PU	25,00	[ciclos]	0,5 [s]
SV2DO	9,00	[ciclos]	0,18 [s]
TRIP			
TR	... + SV1T + SV2T		



### 12.1.3. PROTECCIÓN DE DESBALANCE DE NEUTRO

*Tabla 12-3: Angol 52CE, SEL-311C, 59N*

Ajuste Propuesto		
ANGOL 52CE		
Relé	SEL-311C	
TT/CC	1000 / 5	CTR = 200
TT/PP Barra	8400 / 120	PTR = 70
TP Neutro BBCC	8400 / 120	PTRS = 70
Protección de Sobretensión 59N		
59S1P	7,00 [V-sec]	490,0 [V-prim]
SV3	59S*52A	
SV3PU	25,00 [ciclos]	0,5 [s]
SV3DO	9,00 [ciclos]	0,18 [s]
TRIP		
TR	... + SV3T	

#### 12.1.4. PROTECCIÓN DE BAJO VOLTAJE BBCC

*Tabla 12-4: Angol 52CE, SEL-311C, 27*

Ajuste Propuesto			
ANGOL 52CE			
Relé		SEL-311C	
TT/CC	1000 / 5	CTR = 200	
TT/PP Barra	8400 / 120	PTR = 70	
TP Neutro BBCC	8400 / 120	PTRS = 70	
Protección de Bajovoltaje (27)			
27P1P	54,44	[V-sec]	3810,8 [V-prim]
SV4	3P27*52A		
SV4PU	350,00	[ciclos]	7 [s]
SV4DO	9,00	[ciclos]	0,18 [s]
TRIP			
TR	... + SV4T		

#### 12.1.5. BLOQUEO DE CIERRE BBCC 13,2 kV N°2

Se sugiere la siguiente lógica de ajustes para esta función de bloqueo:

- SV5 = !3P27 \* TRIP
- SV5PU = 0 [ciclos]
- SV5DO = 30000 [ciclos]
- CL = (... + CC) AND \* !SV5T

### 13. CONCLUSIONES

En el presente informe se ha especificado el ajuste de los elementos de protección que tendrá el nuevo relé SEL-311C asociado al banco de condensadores de 2,5 MVAR conectado a la barra de 13,2kV asociada al transformador T1 66/13,2kV de SE Angol.

El proyecto considera el retiro de los actuales relés electromecánicos y la instalación de un relé SEL-311C, en el cual se habilitarán los siguientes elementos de protección:

- Protección de sobrecorriente general de fase y residual en 13,2 kV
- Protección de sobrevoltaje del BBCC
- Protección de desbalance de neutro del BBCC
- Protección de bajovoltaje del BBCC
- Función de bloqueo de cierre del BBCC.

Mediante las simulaciones efectuadas, se logró determinar los niveles de tensión a los cuales se verán sometidas las unidades capacitivas ante los distintos tipos de fallas analizadas:

- Cuando se cortocircuita una fase al neutro flotante, se generan sobretensiones en los condensadores de las dos fases no falladas que alcanzan aproximadamente a la tensión entre fases. En estos casos se ha especificado la apertura del BBCC en 0,5 [s].
- Cuando opera un elemento fusible en un condensador, las unidades restantes de la misma fase quedan sometidas a sobretensiones cuyos valores dependen del voltaje presente en la barra. Ahora bien, de acuerdo con las simulaciones efectuadas se observan las siguientes sobretensiones:
  - Cuando se produce la operación de 1 fusible se genera una sobretensión que alcanza el 107% del voltaje nominal del BBCC.
  - Cuando se produce la operación de 2 fusibles se genera una sobretensión que alcanza un 115% del voltaje nominal del BBCC.

Según IEEE Std C37.99-2000 sólo es posible operar con una sobretensión permanente de hasta un 110% de la nominal, por lo que, debido a la posibilidad de superar este límite de tensión al ocurrir la desconexión de 1 unidad, se ha especificado la apertura del BBCC en 0,5 [s] para esta condición.

Finalmente, se concluye que, de acuerdo con las simulaciones efectuadas, se logró coordinar adecuadamente los elementos de protección del BBCC con el resto de las protecciones de S/E Angol, brindando una adecuada protección al banco de condensadores, ante las diferentes contingencias estudiados.