

תפעול מתקני חשמל אסטרטגיים מרובי מקורות חשמל

נובמבר 2024

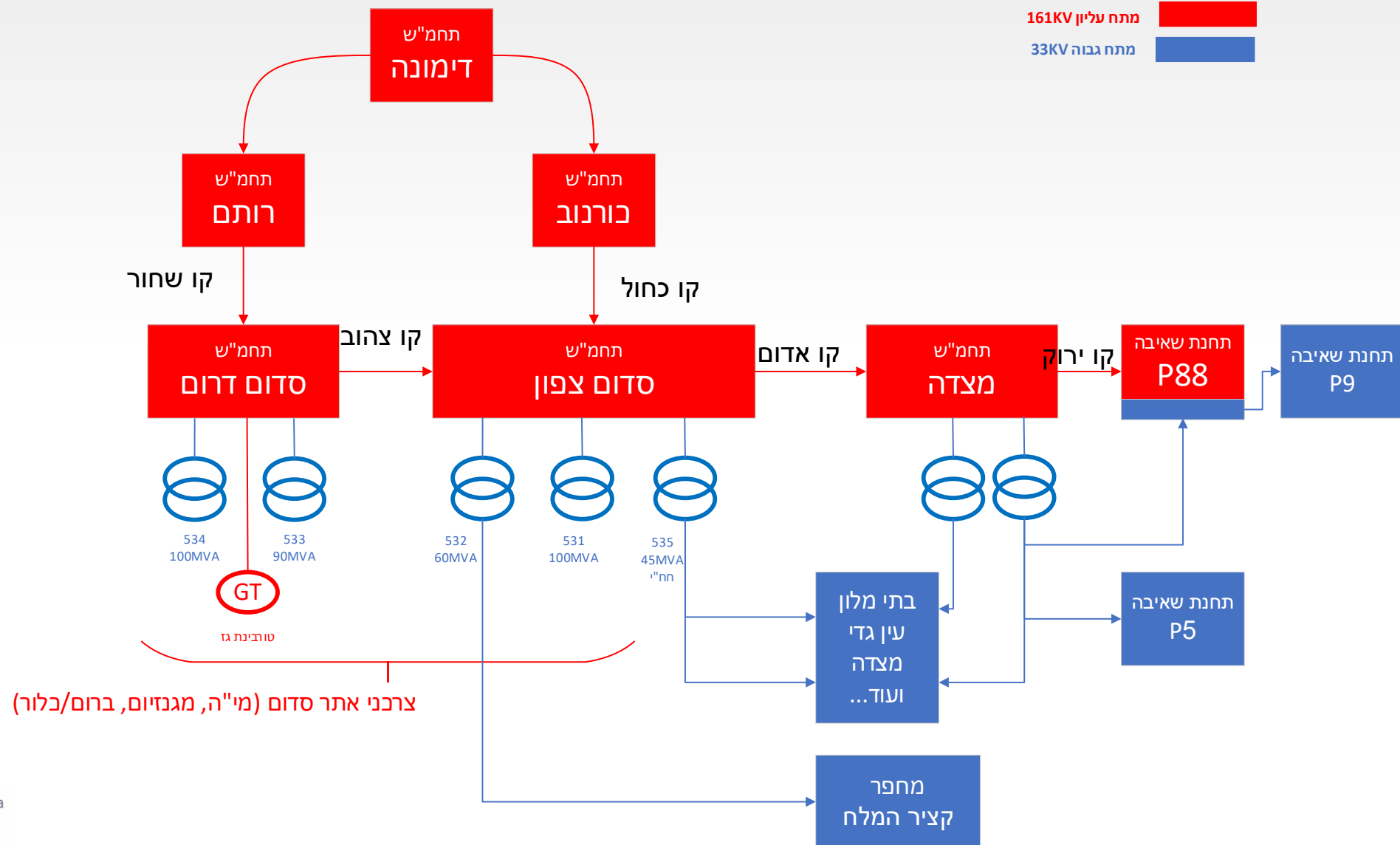
פביאן רוזנברג
מנהל מחלקת הנדסת חשמל ומכשור באגף הפרויקטים
מפעלי ים-המלח, ICL ישראל

נושאים

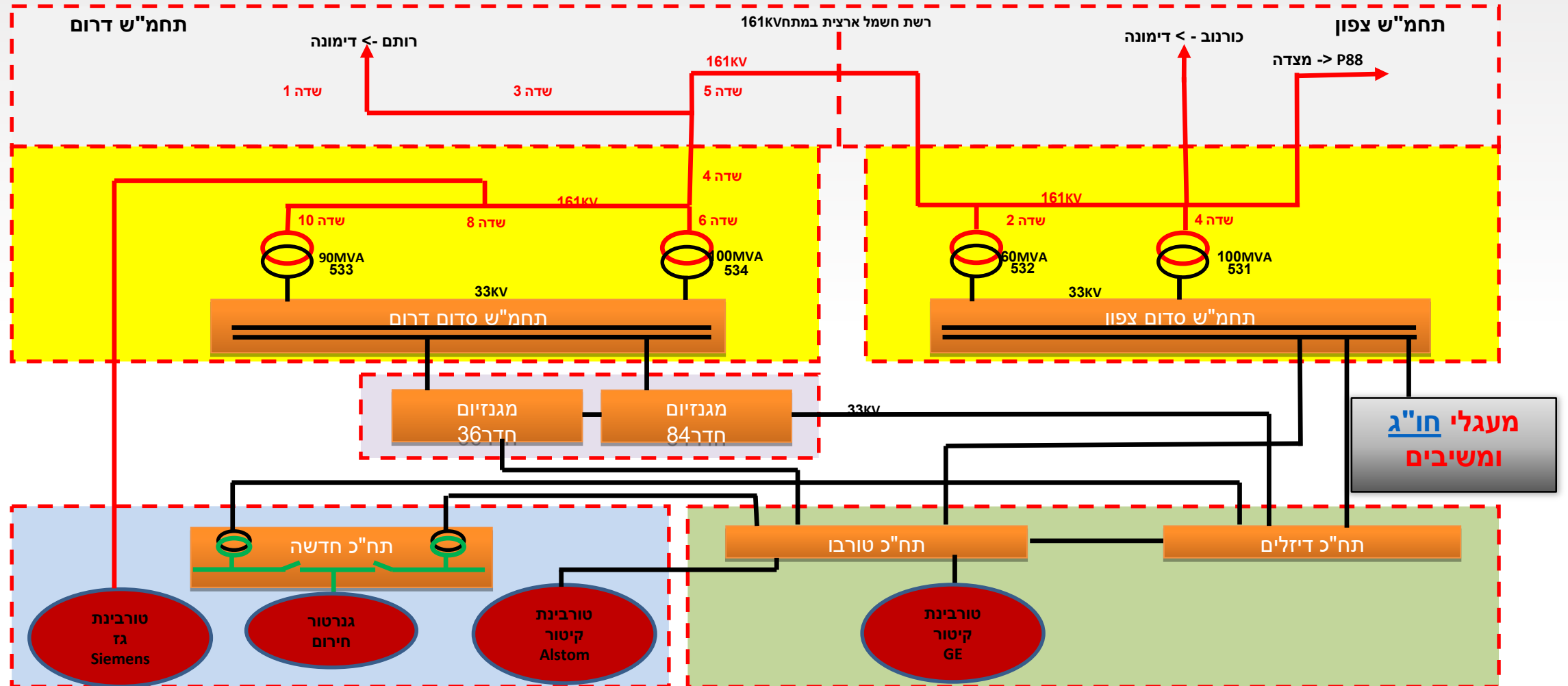
- עבודה עם כמה מקורות אנרגיה, שתי תחנות משנה, עבודת שנאים במקביל, תחנת כח, מערכות סינכרון
- תכנה לבקרת שנאים ראשיים
- תהליך ביצוע מיתוגים במתח גבוה
- ציוד מגן אישי
- רשת מתח גבוה עילית
- ניטור תקלות ברשת – סנסורים
- לילה לבן/Black Start
- אחזקה מונעת, מתוכננת וחזויה
- הגנות חשמל
- עבודה עם מערכות תומכות (Scada, Expert Power, PI, eTap)

חיבורי חשמל מתח עליון ומתח גבוה

סכמת חיבורי חשמל בין תחמשים וצרכני חשמל:

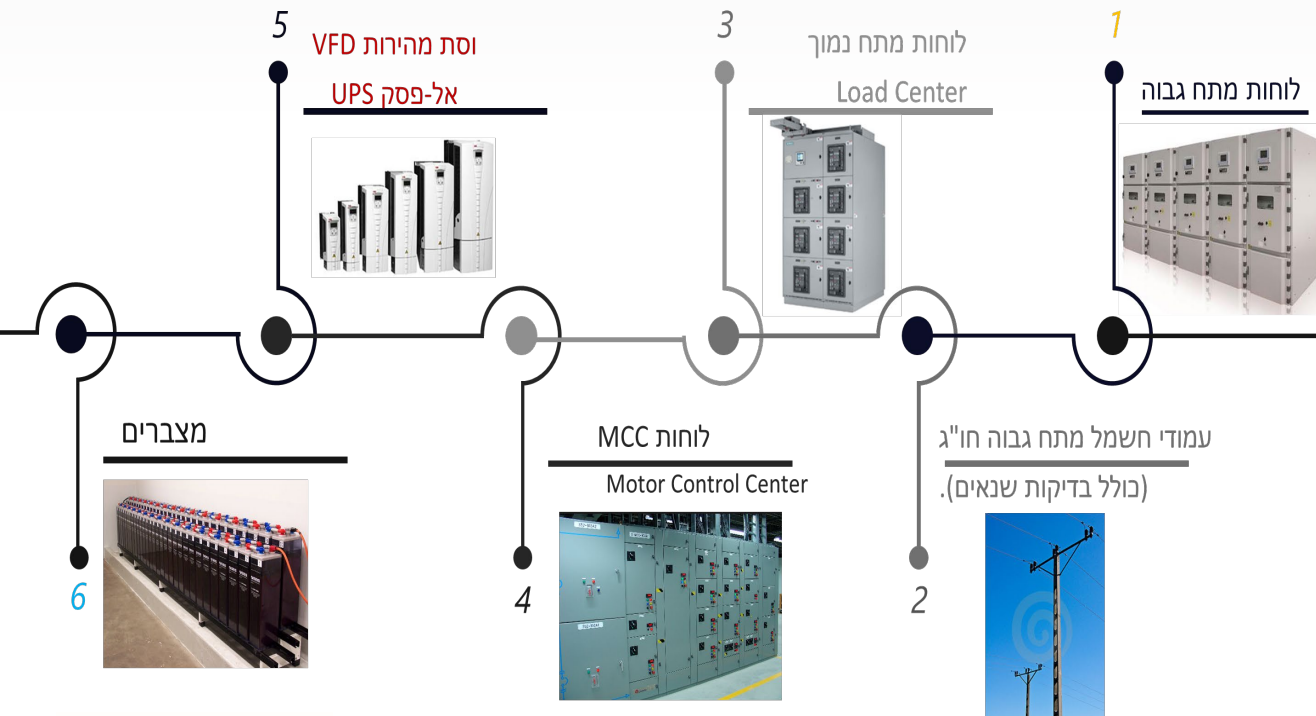


מערך האנרגטי בסדום



מערכות חשמל עיקריות באתר סדום

- שנאים בהספק עד 250MVA (250MVA, 2x100MVA, 2x90MVA, 60MVA)
- טורבינות לייצור חשמל עד 170MW (170MW, 2x60MW)
- רשתות חשמל עיליות במתחים 6.3/11/33/161KV
- תחמשים במתחים 33KV/161
- גנרטור חירום (4x2MW, 1x1.6MW)
- תחנת טרנספורמציה 11KV/33
- לוחות חלוקה מ"ג 6.3KV/11/33
- לוחות חלוקה מ"נ 0.4KV, לוחות MCC
- מנועים עד 6MW, ווסתי מהירות (כולל מ"ג)
- מערכות אל פסק
- מערכות חשמל DC

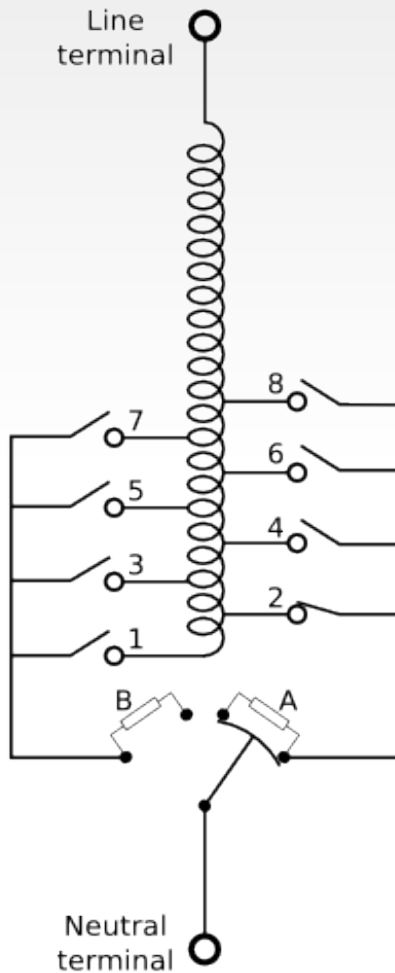


משנה דרגות בשנאי

רשת מתח עליון אינה יציבה מבחינת רמת מתח וגם ככל שרמת עומס גדלה על השנאי המתח ביציאה יורד לכן על מנת לשמור על רמת מתח יציבה באתר נדרש משנה דרגות בשנאי שעובד תחת עומס וללא ניתוק העומס.

שינוי הדרגות משנה את מספר סלילי השנאי כך שבצד המשני של השנאי נקבל מתח יציב ברמה שנקבעה מראש.

באיור ניתן לראות כיצד משנה דרגות משנה דרגה, תחת עומס וללא ניתוקו.



בקרת שנאים

תכנת בקרת שנאים דואגת לכך ששלשת השנאים הראשיים באתר יוציאו רמת מתח אחידה כאשר שנאי אחד הוא המוביל ודואג לרמת מתח תקינה ושאר השנאים המובלים מקבלים פקודות מהבקר להתאים את הדרגות שלהם בהתאם לדרגה של השנאי המוביל.

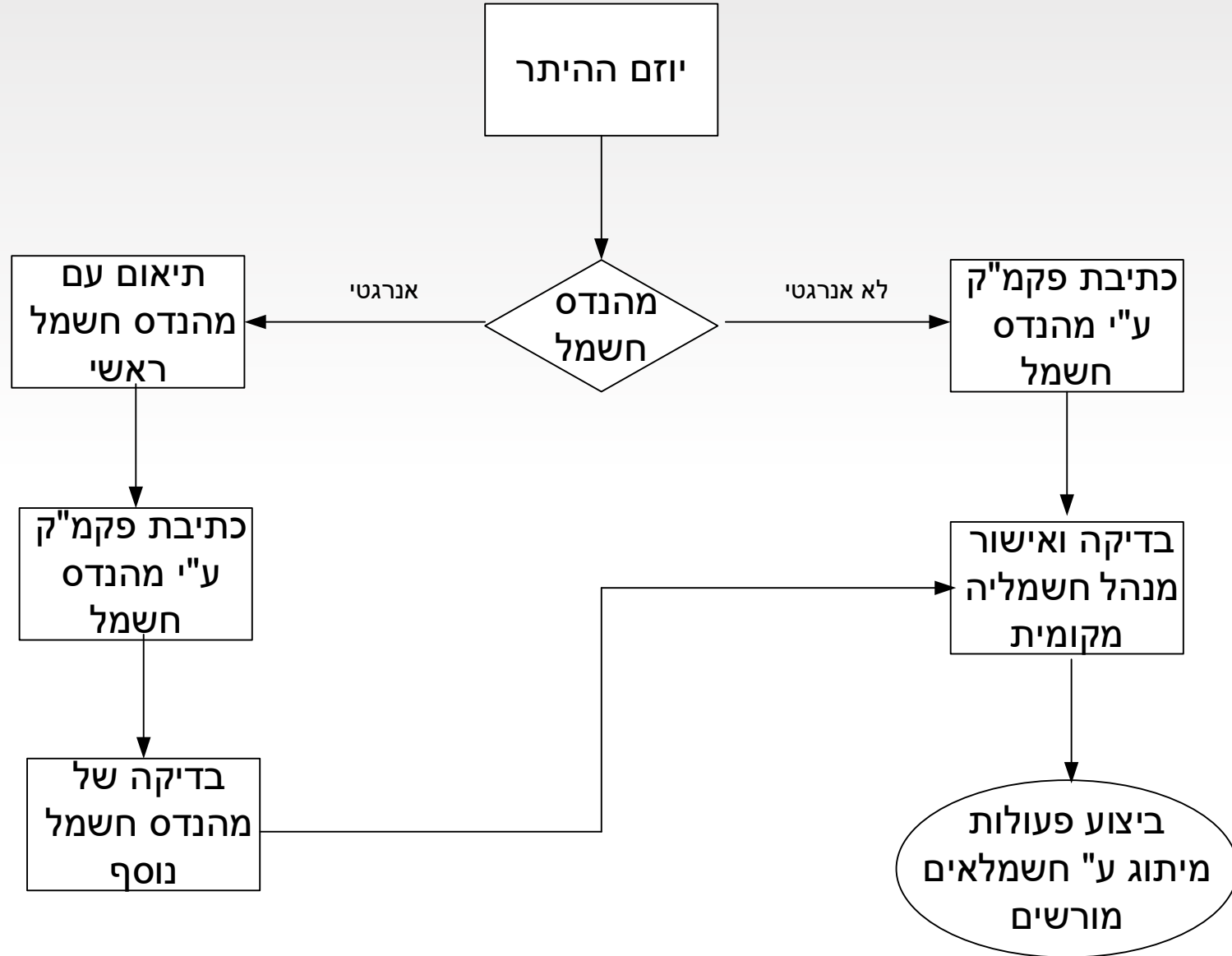
- הטבלה מייצגת את דרגות שנאים כאשר עובד במצב בקרה
- כל שנאי יכול לעבוד באוטומט על מנת לשמר רמת מתח תקינה על הפס בו הוא מחובר
- כל שנאי יכול לעבוד במצב ידני בו המפעיל שולט על מספר הדרגה

דרגות בקרת שנאים

שנאי 533	שנאי 532	שנאי 531/4
8	8	19
9	9	20
10	10	21
11	11	22
12	11	23
13	12	24
14	13	25
15	14	26
16	15	27
17	16	28
18	17	29
19	17	30
20	18	31
21	19	32
22	20	33

534	533	532	531	TR
A	H	A	H	A
REM	↓ ↑	REM	↓ ↑	REM
23	11	13	23	TCH
23	11	13	23	SPT
MASTER			SLAVE	

תהליך ביצוע המיתוגים במתח גבוה



ציוד מגן אישי



שינוי צורה תוך התכת הגופים



טמפרטורה גבוהה



השמעת קול חזק מאוד



הפצת אור חזק מאוד



דרגת הסכנה
סוג 0
PPE0



דרגת הסכנה
סוג 1
PPE1



דרגת הסכנה
סוג 2
PPE2



דרגת הסכנה
סוג 3
PPE3

לא בשימוש במי"ה

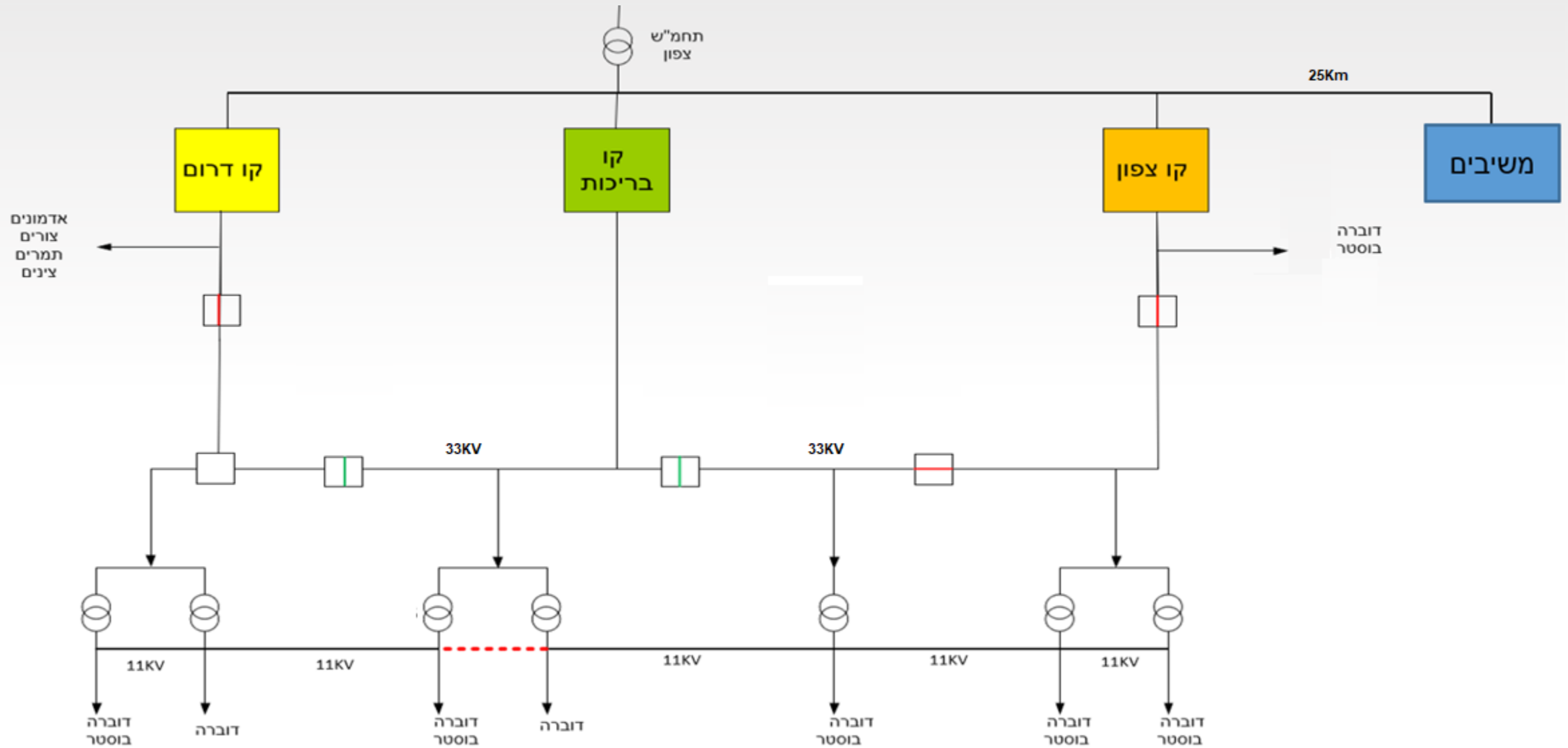


דרגת הסכנה
סוג 4
PPE4

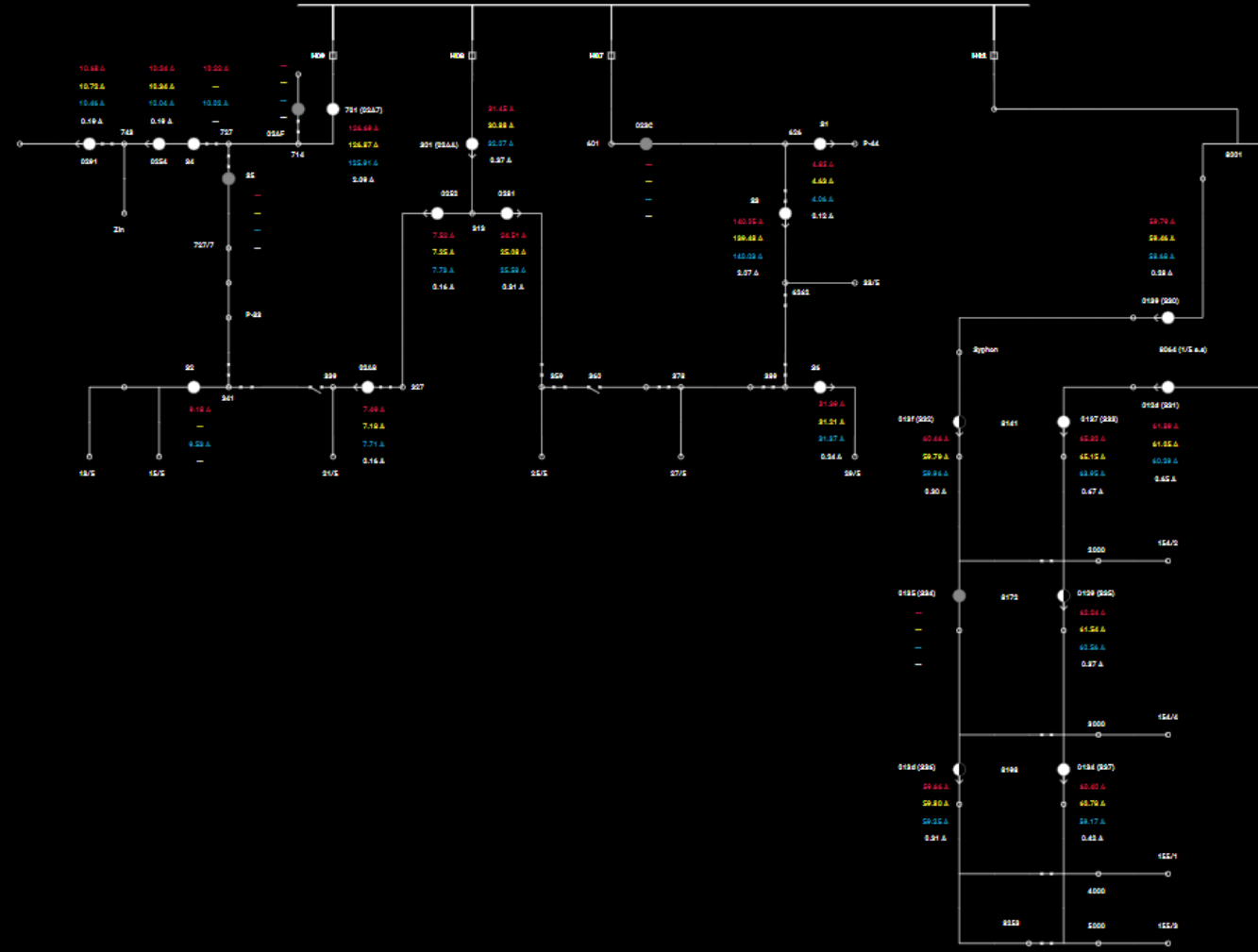
רשת החשמל במי"ה

- רשת החשמל של מפעלי ים-המלח משתרעת על-פני עשרות ק"מ (120 ק"מ)
- זוהי רשת החשמל השנייה בגודלה בארץ (אחרי חח"י)
- רשת עילית, המהווה חלק גדול מאוד מהרשת, מורכבת מכמה מרכיבים עיקריים: ~1000 עמודי חשמל (עץ, תעלה או זווית), מבודדים, שנאים, מנתקים, מנתקים מתופקדים, תיילים (אלומיניום או נחושת)
- שתי תחנות משנה 161KV
- 9 תחנות טרנספורמציה 33/11KV

רשת מפעל חומר גלם

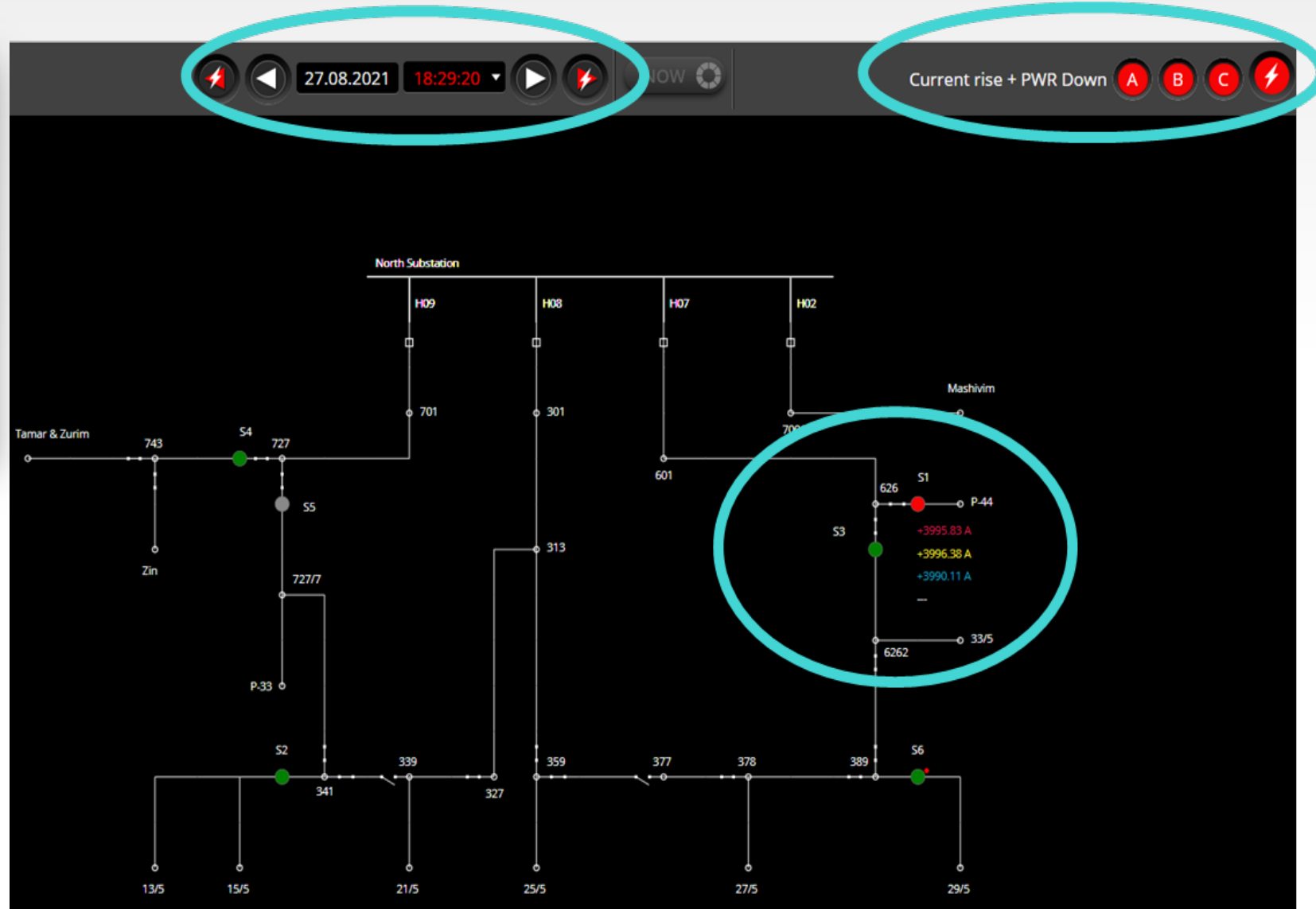
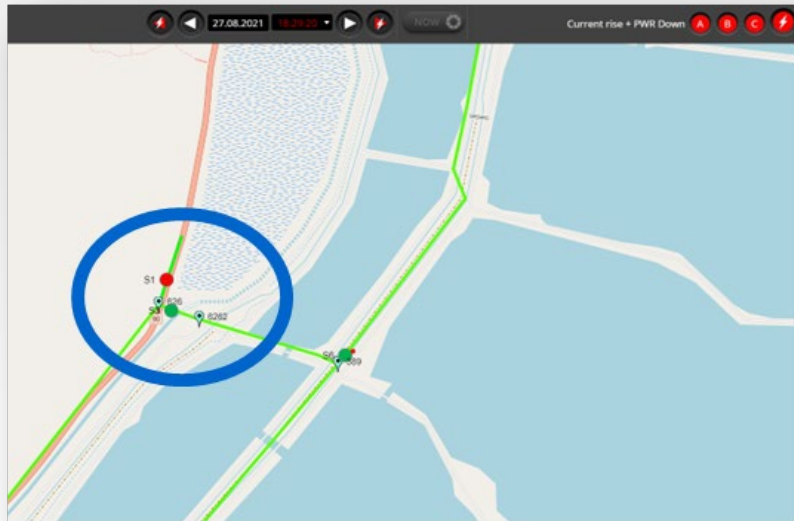


מערך סנסורים לרשת עילית

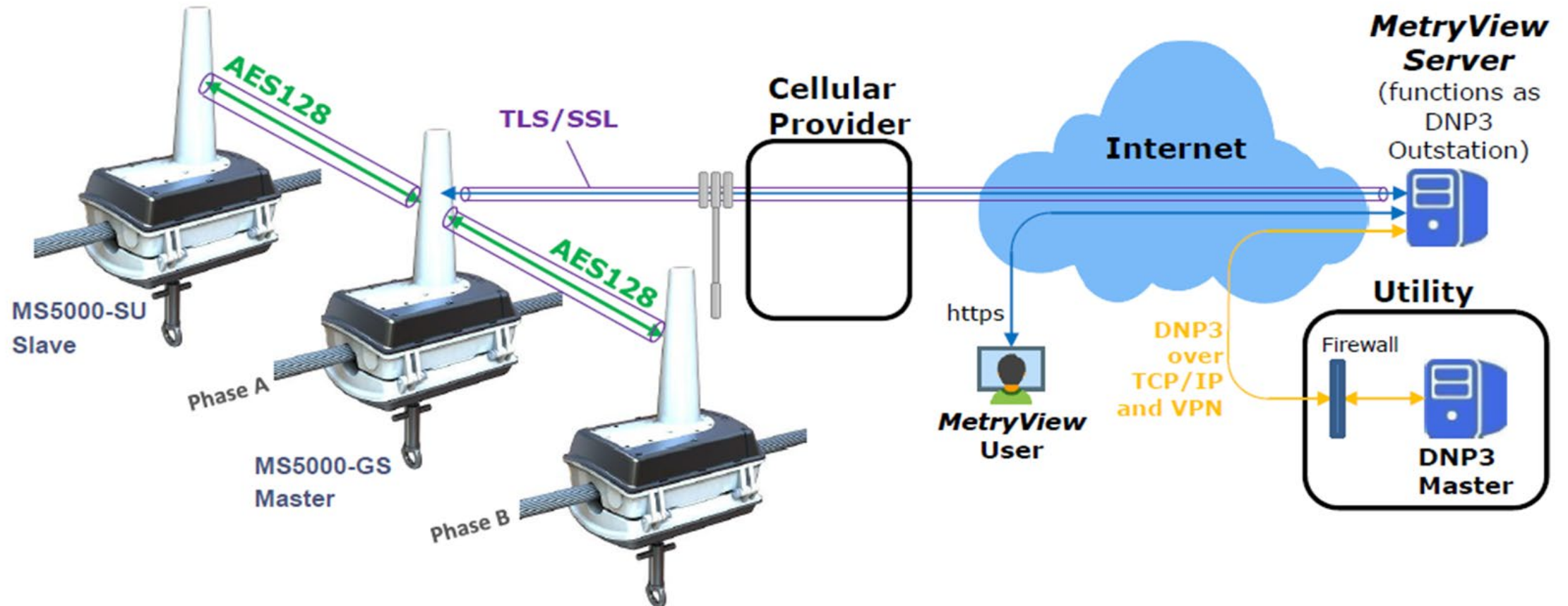


דוגמאות לאירועי חשמל

תקלה בקו צפון



קונפיגורציה חיבור של הסנטורים



תקלות שגורמות אירועים ברשת

- מזג אוויר סוער (גשם, רוחות חזקות וסופות חול)
- פריצות תמיסות לרשת (אי זמינות לשטיפת רשת כולל זמינות משאית שטיפה)
- סביבה קורוזיבית שגורמות לפגיעה ברשת
- התיישנות כבלי חשמל לחיבור ללוחות חשמל
- הגנות חשמל רגישות 'שמקפיץ' קו על קצר חולף, לעיתים אף 2 קווים
- אי זמינות לביצוע אחזקה מונעת
- קצרים עקב בעלי כנף
- קצרים עקב התיישנות חומר בצידוד חשמלי

Black Start – מצב התנעה שחורה מעלטה

Island Mode – מצב אי חשמלי

• Black Start

מצב בו רשת חשמל הארצית הושמטה ולאחריה טורבינת הגז והאתר נכנס לעלטה ולחוסר מתח ברשת החשמל הפנימית (נפילת ציוד ומפעלים).
בהמשך, הפעלת גנרטורי חירום BSDG, הזנת ציוד עזר להפעלת טובינת גז, עבודה במחזור פתוח ולבסוף סנכרון עם הרשת חשמל הארצית.

• Island Mode (IM)

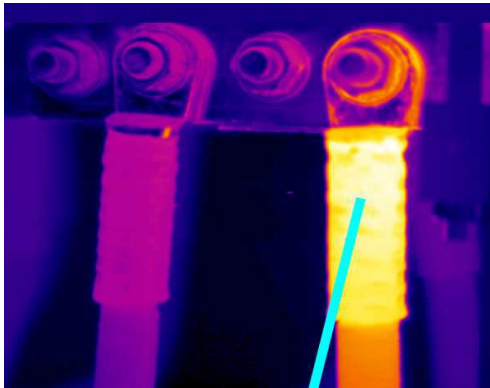
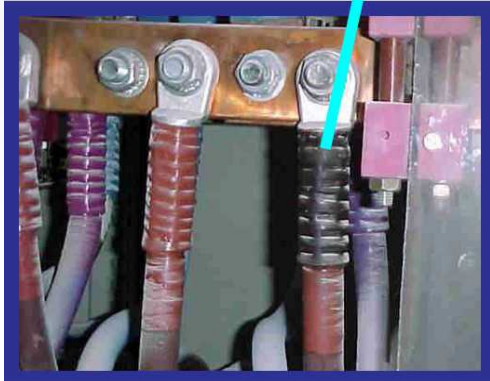
מצב בו רשת חשמל הארצית הושמטה, האתר עובד על טורבינת הגז מנותק מרשת חשמל הארצית.
בהמשך, טורבינת הגז מזינה את האתר, לבסוף סנכרון עם הרשת חשמל הארצית.

תרגיל לילה לבן - מטרות

- בדיקת תפעול אוטומטי של מערכת גנרטורי חירום בת"כ
- הפעלת מערכות עזר של טורבינת גז באמצעות גנרטורי חירום, סנכרון והעמסה
- בדיקת תפקוד מערכות גיבוי חיוניות בתחנת הכוח בפרט ובכל המפעלים ככלל (מציבים חשמלאי בכל מפעל בזמן התרגיל)
- בדיקת תפקוד בקרים ותוכנות בזמן הפסקת מתח (מהנדס בקרה נוכח בזמן התרגיל)

אחזקה מונעת, מתוכננת וחזויה

- החלפת תשתיות חשמל (לוחות חשמל, עמודי חשמל, מבודדים, מנתקים מ"ג)
- שטיפת רשת חשמל (גם לפי מופעי גשם)
- מריחת סילגארד על מבודדי שנאים
- טיפול בצידוד מ"ג ומ"נ (שנאים, מפזים, מנתקים)
- התקנת מנתקים מתופקדים מרחוק בכדי לבודד תקלות ברשת
- בדיקת חשמליות (הארקות, הרמוניות, התפרקויות חלקיות).
- צילום טרמוגרפי ללוחות חשמל ורשת עילית (שימוש ברחפנים)
- בדיקות EMI והתפרקויות חלקיות
- טיפול בשנאים - בדיקות גזים בשמן, משנה דרגות
- בדיקת מערכת הגנות חשמל
- טיפול במערכות מתח חיוני (אל פסק, מצברים, גנרטורים)



הגנות חשמל

- תפקיד ממסר להגנת חשמל הינו לאבחן משטר הפרעתי ברשת ולנתק את המקטע הפגוע
- על מנת להבטיח סלקטיביות (הפסקת הקטע הפגוע בלבד) חייב להתקיים מדרג בין זרמים לזמנים במעלה ההזנה (גידול הזרם והתארכות הזמן ככל שמתקרבים למקור הזינה)

מערכות תומכות:

- מערכת סקאדה - רישום אירועים ורישום הפרעות ברזולוציה של 1msec
- Expert power (SATEC) - מניה וניטור איכות החשמל
- תוכנה eTAP
- סנסורים
- PI vision



RET541/3/5



REM610



REF610

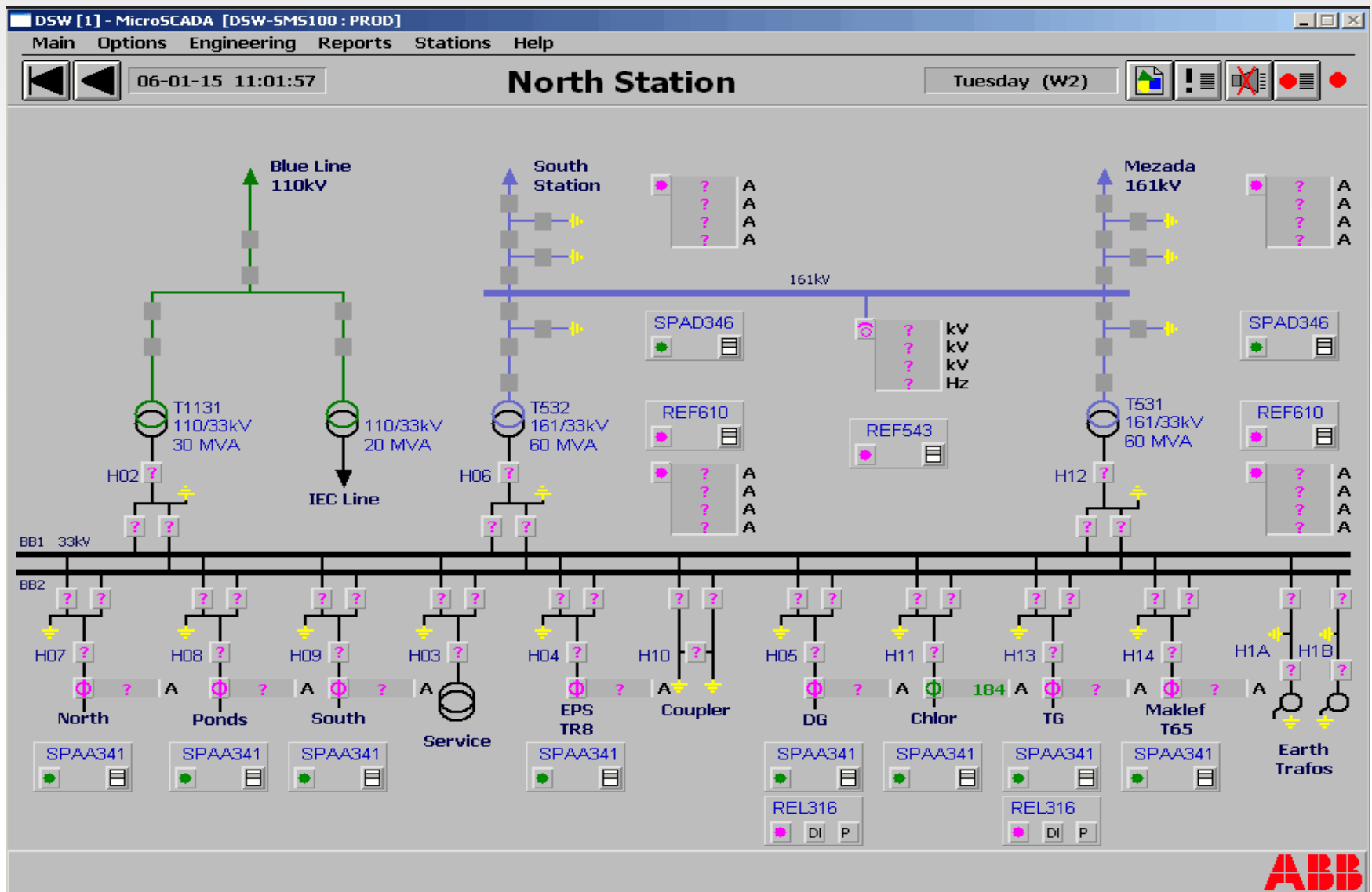


REF541/3/5



REX521

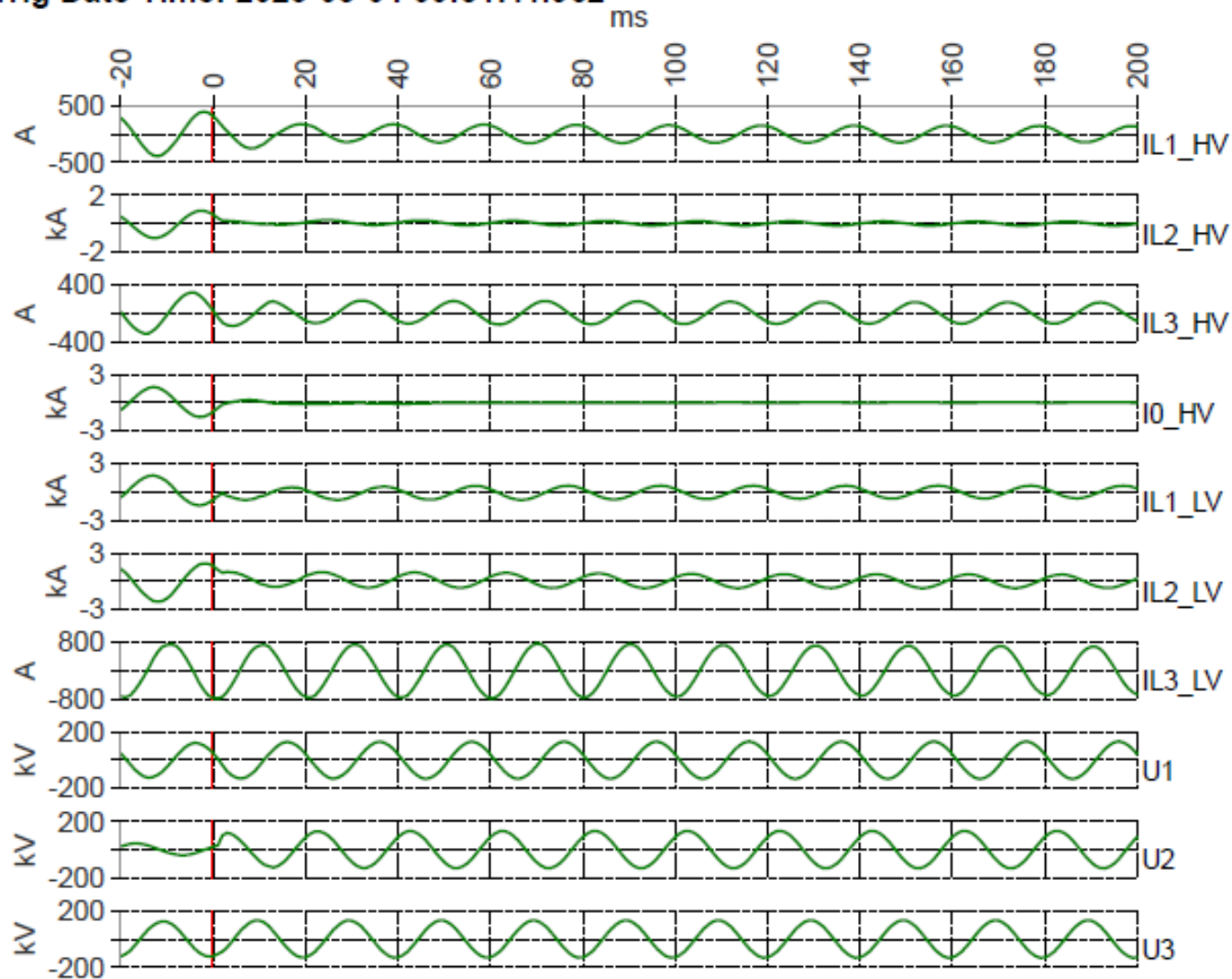
מערכת סקדה - מסך תחמי"ש צפון



מערכת סקדה - דיאגרמת זמן אנלוגי של אירוע

Analog Time Diagram

Trig Date Time: 2023-03-04 00:51:11.962



מערכת סקדה - לוג אירוע

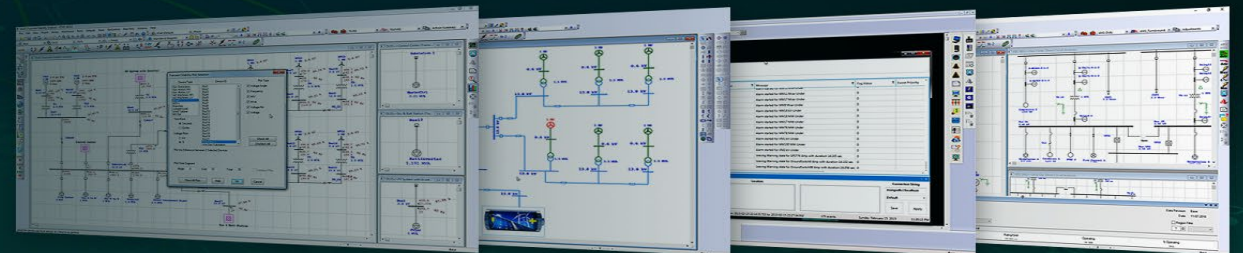
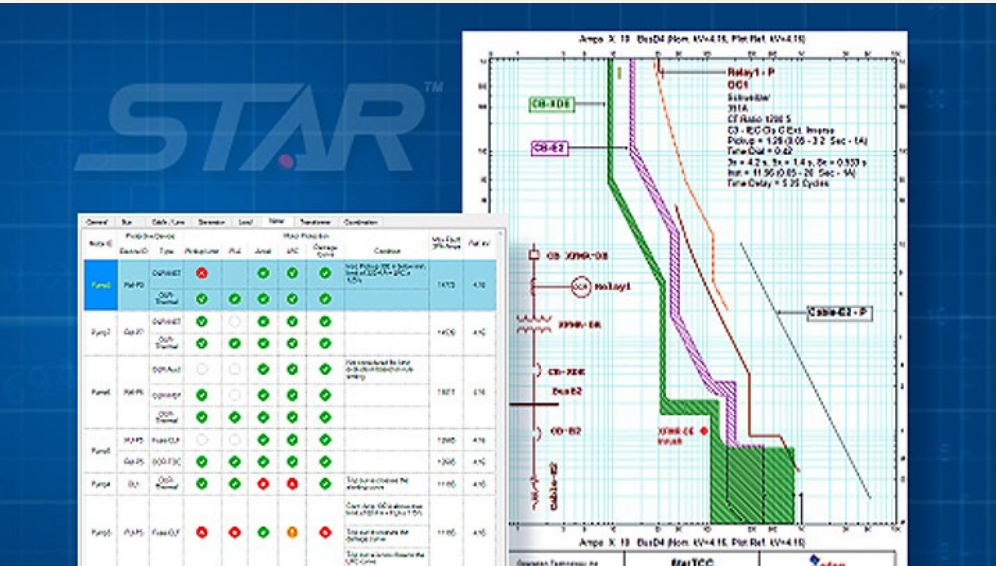
Date	Time	ms	Station	Bay	Device	Text	Status	Notes
06/09/2022	05:41:00	032	North Station	W06	REF543	U< Start	on U31	
06/09/2022	05:41:00	042	North Station	W06	REF543	U<< Start	on U31 and U23	
06/09/2022	05:41:00	102	North Station	W06	REF543	U< Trip	on U31 and U23	
06/09/2022	05:41:00	112	North Station	W06	REF543	U<< Trip	on U23	
06/09/2022	05:41:00	152	North Station	W06	REF543	U<< Trip	Normal	
06/09/2022	05:41:00	152	North Station	W06	REF543	U<< Start	Normal	
06/09/2022	05:41:00	192	North Station	W06	REF543	U< Trip	Normal	
06/09/2022	05:41:00	192	North Station	W06	REF543	U< Start	Normal	

הגנות חשמל - מערכות תומכות

סקר הגנות ותכנה הנדסית לחשמל eTAP:

- הכנסת כל מערך האנרגטי לתוכנה
- בדיקת סלקטיביות בין הגנות החשמל
- חישוב מפל מתח, זרם קצר,
- רישום צרכני חשמל בתוך הלוחות
- חישוב אנרגיית קצר והגדרת ציוד מגן אישי.

פרויקט של סקר הגנות במפעל: הכנסת כל המערך האנרגטי לתוכנה הנדסית ייעודית שבודקת ומחשבת סלקטיביות בין הגנות החשמל, חישוב מפל מתח, זרם קצר, ועוד.



שאלות?



תודה

visit us at www.icl-group.com