

シンガポールにおける TM-CLOUD の展開

1. はじめに

当社は、モータの駆動電流を計測、多重解析することで回転機の状態を診断できる日本初の電流情報量診断システム「T-MCMA」を開発した。また、当システムとクラウドを融合させてお客様の利便性を高めた、クラウド型電流情報量診断システム「TM-CLOUD」を 2019 年から提供開始した。

今回はその利便性を活かし、シンガポール国内のお客様向けに設置した「TM-CLOUD」について紹介する。

2. 背景

総合化学メーカーのデンカ様は自社内の IoT への取り組みとして、シンガポール国内工場で積極的にデジタル技術を取り入れていく経営を進められている。その一環として当社の T-MCMA システムに興味を持たれた。2018 年より TAKADA 本社とデンカシンガポール様間で協議を重ね、クラウドを利用して遠隔診断が可能な TM-CLOUD を評価して頂き、2019 年 1 月にデンカシンガポールセラヤ工場様に TM-CLOUD を納品する運びとなった。

また、今回のデンカシンガポール様向けの案件は、日本国内外で初の TM-CLOUD を使った遠隔常時監視の事例となる。以降 2020 年 9 月現在までの 1 年 8 ヶ月間、様々な改良を行い現在もデンカシンガポール様の安全安定操業の一助となっている。

3. スケジュール

- 2017 年 6 月 デンカ様 東京本社にて PR
- 同 9 月 デンカシンガポールセラヤ工場様
現場計測 11 台
- 同 11 月 追加計測 4 台
- 2018 年 6 月 常時監視機器リスト 17 台受領（表 1 参照）
- 同 8 月 導入前現場確認、通信条件確認実施
- 2019 年 1 月 センサ設置工事施工
- 同 3 月 高電圧用センサ導入（1 基）
- 同 5 月 第 1 回状態監視報告書提出（1 回/3 ヶ月）
- 同 11 月 高電圧用センサ導入（1 基）
TMFS（データ送信中継器）導入
- 2020 年 2 月 回転数自動合わせ機能追加

表 1 デンカシンガポールセラヤ工場様の監視対象機器

エリア名称	ユニット名称	機器名称	機器種別	出力 [kW]	電圧 [V]	インバータ制御
A	No.1	A	ギヤポンプ	7.5	400	○
		B	攪拌機	37	400	○
	No.2	C	攪拌機	100	400	○
		D	ギヤポンプ	60	400	○
		E	ギヤポンプ	100	400	○
B	No.3	F	攪拌機	315	3300	○
		G	攪拌機	315	3300	○
		H	ギヤポンプ	315	3300	○
		I	ギヤポンプ	315	3300	○
	No.4	J	冷凍機	315	3300	—
		K	ギヤポンプ	55	400	○
		L	押出し機	1250	3300	○
	No.5	M	ギヤポンプ	37	400	○
		N	ギヤポンプ	45	400	○
		O	ギヤポンプ	90	400	○
	C	No.6	P	押出し機	1000	3300
Q			ギヤポンプ	30	400	○

4. 内容

デンカセラヤ工場様内にある3つのエリアの電気室に動力盤を持つ、全17台の回転機器に対してT-MCMAを用いた常時監視を実施する。

4.1 現場調査

事前に下記情報収集のため現場調査を行った。

- ① 計測ユニットを収める盤の位置
- ② 対象機器の動力盤からユニット盤までの距離
- ③ 動力盤内の動力ケーブル径及び周辺空間の有無
- ④ インターネット通信状況

電気室内でのケーブル取り回しや有効ケーブル長を考慮してユニット盤の位置を決定した。

動力ケーブル径や盤内空間の状況は、使用するセンサのサイズ選定に影響するため、現物確認できることが理想である。しかし設備稼働中で盤の開放ができない場合は、図面や停止中の同様機器にて確認する。

計測ユニットからクラウドへのデータ送信には、NTT Comが提供している仮想専用線を使用するため、NTT Comがサービスを提供していることが前提となる。シンガポール国内ではメジャーな通信会社3社で使用する事ができる。しかしジュロン島は場所によって電波の強弱があるため、現地での通信テストは必須であった。

4.2 設置工事

4.2.1 施工日

2019年1月17日～2019年1月19日（3日間）

4.2.2 施工内容

- ① ユニット盤取り付け（各電気室1面ずつ、計3面）
- ② 配線作業
 - ・センサケーブル敷設（床下配線）
 - ・ユニット盤内配線
（計測ユニット、通信機、センサケーブル、電源ケーブル、LANケーブル）
- ③ センサ取り付け（各機器U、V、W相 計3本）
- ④ 通信環境設定
- ⑤ 測定データ確認

センサの設置は、動力ケーブルにセンサを挟む単純な作業であるため、設備稼働中でも作業可能であるが、設置部が端子に近接している場合や、盤内部の加工が必要な場合は、安全を考慮し設備停止中に実施する。

今回の設置工事においても機器Cの動力ケーブル周辺の空間が狭く、取付けを延期した。

5. 問題点と解決策

遠隔常時監視を進める上で、いくつかの問題を確認し、その対策のために実施した改良事例を紹介する。

5.1 高電圧インバータ駆動機器のセンサ不具合

5.1.1 概要

T-MCMAは、高電圧機器の場合、動力盤内部において計器用に変流器（Current Transfer 以下CT）で変流された回路にセンサを取付け、計測を行う仕様としていた。また、インバータ制御されている機器の場合、計測はインバータ二次側で行わなければならない。従って、高電圧インバータ制御機器についてはインバータ二次側にCT回路があることが前提で、一次側にCT回路がある場合はセンサを取付けても有効なデータは取得できない。2018年の事前現地調査の際には、高電圧インバータ制御機器のCT回路はインバータ二次側に設置されているという情報の元でセンサ取付け位置を決定した。

2019年1月のセンサ取付け後のデータ確認で、計6台（表1の着色部）の高電圧インバータ制御機器のCT回路がインバータ一次側であることが判明した。

5.1.2 原因

事前調査時に、現場にてセンサ取付け位置を決定した後、回路図等で妥当性を確認していなかった。仕様決定時の手順に抜けがあった。

5.1.3 対策

上述6台の計測にはCT回路を使用する事ができない為、インバータ二次側の高電圧動力線から直接計測できるセンサを選定した。しかし、本センサの採用実績が無い為、正確な計測が可能であるかの検証を行う必要があった。

今回、デンカ様のご厚意により、日本での検証実験と並行して実機での検証の許可を頂いた。これにより2019年3月に機器Lへの高電圧用センサ取付けを実施。検証結果より実装可能であると判断し、2019年11月には機器Pにも採用し計測を開始した。

今後、運転中の残り4台についてもSDM時に順次導入していく計画である。

5.2 計測データの通信不具合

5.2.1 概要

導入当初、計測データがクラウドに送信され、解析結果が反映されるまでに早くも25分、遅い場合は10数時間を要していた。本システムでは1日1回の定時自動計測をプログラムしているが、通信状況によってはエラーが生じクラウドにデータが送信されず、遠隔での常時監視ができないという問題が発生していた。

5.2.2 原因

調査の結果、原因は2つあると判断した。一つ目はシンガポール国内では、3G以前の通信規格が撤廃されているため、離島への電波が届きにくく、断続的に電波が途切れる現象が発生している事である。

二つ目は計測ユニットとクラウドとの通信仕様が、ローカルネットワークでの使用を前提に構築されているため、ソケット通信（送受信の確実性を重視し、小さいパケットでデータの送受信確認を何度も行う）を採用していた事によって、データ送信中に電波が途切れた場合、何度も送信をやり直す事で時間を要してしまっていた事である。

5.2.3 対策

ソケット通信は広域ネットワーク通信には不向きであるため、メール形式による送信方式への変更を検討した。ただし、現システムはその機能を有していないため、計測データを一旦ローカルネットワーク内に取得後、クラウドに送信するという機能を持った中継器「TMFS」（以下 TMFS）を開発し 2019 年 11 月に導入した。

TMFS の導入により、計測データの送信時間は1分足らずと格段に向上し、通信の安定性も増した。また、当初は1台の計測ユニットにつき1台の通信機が必要であったが、TMFS を介すると1台の計測機で最大8台の計測ユニットデータを送信可能となった。

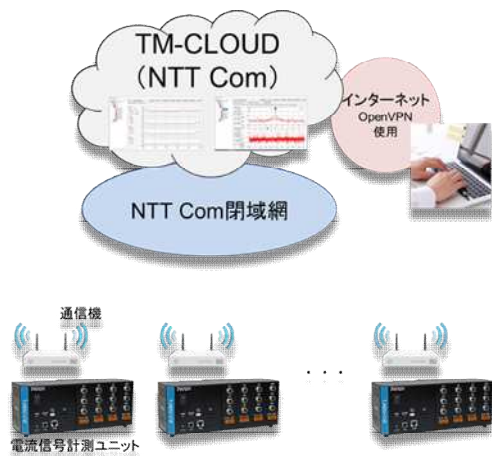


図1 納入時のシステム構成

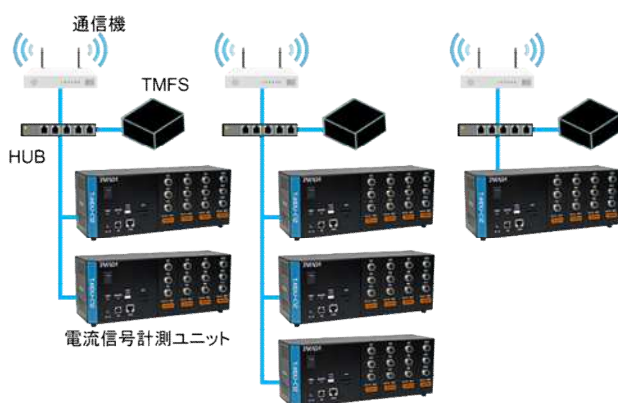


図2 TMFS 導入後のシステム構成

5.3 インバータ制御機器の回転数補正

5.3.1 診断ソフトの解析能力

T-MCMA はセンサから取得した電流波形のデータに対して、確率論や情報理論に基づく独自の解析手法を用いて評価する。解析により得られた値（以下、測定パラメータ）のほとんどが無次元化されており、定量的な評価を可能としている。

また、その値は時系列で管理されているため、傾向管理を行うこともできる。

5.3.2 概要

診断ソフトにはモータ電源の周波数やモータの回転数といった運転条件を設定しなければならない。通常はシステム導入時に設定し、システム稼働後はその条件を基に解析し傾向管理を行う。

しかし、インバータ制御されている機器の場合、モータ電源の周波数はインバータにより常時制御されており、運転条件を特定の値に固定する事ができない。この場合、計測データを診断ソフトに取り込む前に、手動で運転条件を変更しなければならないが、定時計測完了後、計測データはすぐに診断ソフトに自動送信される。

従って、インバータ制御されている機器のソフトによる診断結果は、設定されている運転条件とデータ取り込み時の運転条件とに差異があるため、データラメな値となってしまう、傾向管理をすることができない。

今回、デンカ様の監視対象機器はそのほとんどがインバータ制御機器であり、T-MCMA の利点であるリアルタイムでの傾向管理ができなくなっていた。

ただし、当社診断員がデータを解析することは可能であるため、3ヶ月に1度のレポート提出時に報告していた。

5.3.3 対策

T-MCMA 診断ソフトに、計測データの解析結果からモータの運転条件を自動で算出して設定に用いる、「回転数自動合わせ」の機能を追加し、2020年2月にソフトのバージョンアップを実施した。

これにより、インバータ制御機器の測定パラメータもほとんどが信頼できる値となり、簡単に傾向管理をすることができるようになった。ただし、測定パラメータの種類によっては適応できない場合もあり、今後も解析アルゴリズムの最適化が必要である。

6. 診断実績

2019年1月から2020年9月の間にT-MCMAにより得られた診断結果を基に整備に至った例を紹介する。

- ・機器名称：L 押出し機
- ・機器の特徴：高電圧インバータ制御機器，低速回転

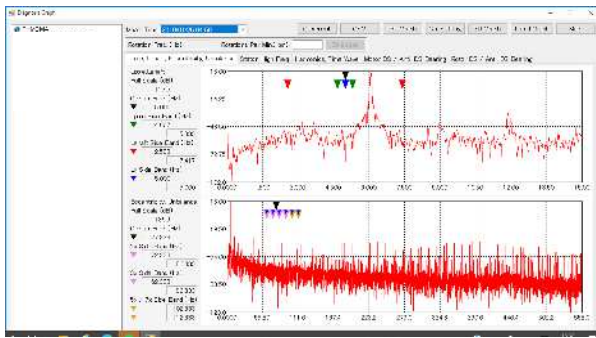


図3 回転数自動合わせ機能導入前のパラメータ

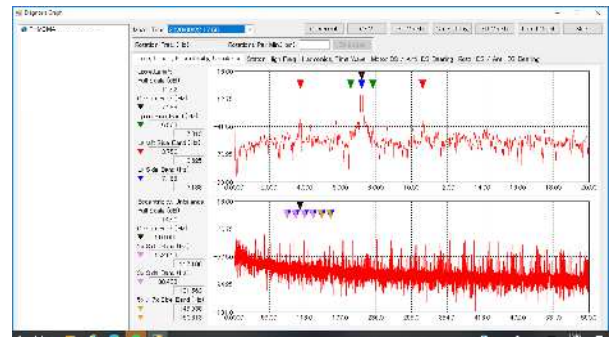


図4 回転数自動合わせ機能導入後のパラメータ

- ・診断結果：第2回診断レポート時に、回転系の状態を示すパラメータ「Lshaft」の傾向が悪化したことを確認、軽微な劣化が進行しているも運転に支障なしと報告。
- ・分解整備：報告結果を踏まえ、SDM 期間である2019年10月に分解整備を実施した結果、スクリーエLEMENTの接触痕が認められた。
- ・整備後診断結果：Lshaftの値は改善。

今回発生していたスクリーエLEMENTの接触は、放置されれば重大な事象に繋がる可能性のものであった。振動診断では異常値を検出しなかったが、T-MCMAでは軽微な劣化として捉えることができ、早期発見に繋がった。

7. おわりに

今回、初のTM-CLOUDによる遠隔常時監視事例として、シンガポールでの実績を紹介したが、シンガポール特有の問題もある中、海外向けでも遠隔監視が可能であることの確証を得る事となった。

合わせて、個人のスキルに頼ることなく、定量的に設備の状態監視、傾向管理を行う事ができる当システムは、当社が元来得意とする設備保全技術との組み合わせにより、最適なタイミングでサービスを提供でき、海外のユーザー様にも評価を得られるという手応えを感じた。今後も積極的にアピールをしていきたい。

最後に、デンカシンガポールセラヤ工場様の当社システムに対する、多大なるご理解とご協力に感謝申し上げます。

後藤 大輔 (シンガポール高田工業)

須本 賢太郎 (診断サービス技術部)

参考文献

- 1) 松本正和：クラウド型電流情報量診断サービス「TM-CLOUD」の紹介，高田技報，30，pp.29-31，(2020)
- 2) 劉信芳：クラウド型電流情報量監視診断システムの構築，高田技報，29，pp.44-45，(2019)
- 3) 劉信芳，馮芳：回転機械系の電流情報量診断システム商品紹介，高田技報，27，pp.46-48，(2017)